

岩石礦物礦床學會誌

第三十卷 第四號

(昭和十八年十月一日)

研究報文

- 順天礦山産銀・ニッケル・コバルト礦…………… 理學博士 渡邊 萬次郎
朝鮮江原道伊川郡板橋面のニッケル礦床…………… 理學博士 松隈 壽紀
トリディマイトの研究 (第六報) 無水珪酸礦物の
格子エネルギーと安定度に就て…………… 理學博士 犬塚 英夫
油田の「岩壓」(II)…………… 理學博士 高橋 純一

會報及雜報

山形縣大泉礦山概況

會員動靜

東北帝國大學理學部岩石礦物礦床學教室內

日本岩石礦物礦床學會

The Japanese Association of Mineralogists, Petrologists and Economic Geologists.

President.

Shukusuké Kôzu (Editor in Chief), Prof. Em. at Tôhoku Imperial University.

Secretaries.

Manjirô Watanabé (Editor), Professor at Tôhoku Imperial University.

Jun-ichi Takahashi (Editor), Professor at Tôhoku Imperial University.

Seitarô Tsuboi (Editor), Professor at Tôkyô Imperial University.

Jun Suzuki (Editor), Professor at Hokkaidô Imperial University.

Tei-ichi Itô (Editor), Ass. Professor at Tôkyô Imperial University.

Assistant Secretary.

Tunehiko Takéuti, Ass. Professor at Tôhoku Imperial University.

Treasurer.

Katsutoshi Takané, Professor at Tôhoku Imperial University

Librarian.

Kei-iti Ohmori, Ass. Professor at Tôhoku Imperial University.

Members of the Council.

Kôichi Fujimura, R. S.

Muraji Fukuda, R. H.

Tadao Fukutomi, R. S.

Zyunpei Harada, R. H.

Fujio Homma, R. H.

Viscount Masaaki Hoshina, R. S.

Tsunenaka Iki, K. H.

Kinosuke Inouye, R. H.

Tomimatsu Ishihara, K. H.

Takeo Katô, R. H.

Rokurô Kimura, R. S.

Kameki Kinoshita, R. H.

Shukusuké Kôzu, R. H.

Atsushi Matsubara, R. H.

Tadaichi Matsumoto, R. S.

Motonori Matsuyama, R. H.

Kinjiro Nakawo.

Seijirô Noda, R. S.

Yoshichika Ôinouye, R. S.

Ichizô Ômura, R. S.

Jun-ichi Takahashi, R. H.

Korehiko Takéuchi, K. H.

Hidezô Tanakadaté, R. S.

Iwawo Tateiwa, R. S.

Kunio Uwatoko, R. H.

Manjirô Watanabé, R. H.

Mitsuo Yamada, R. H.

Shinji Yamané, R. H.

Kôzô Yamaguchi, R. S.

Abstractors.

Iwao Katô,

Yosio Kizaki,

Kei-iti Ohmori,

Katsutoshi Takané,

Kenzô Yagi.

Yoshinori Kawano,

Jun-iti Masui,

Rensaku Suzuki,

Tunehiko Takéuti,

Jun-iti Kitahara,

Yûtarô Nebashi,

Jun-ichi Takahashi,

Manjirô Watanabé,

岩石礦物礦床學會誌

第三十卷 第四號

(昭和十八年十月一日)

研究報文

順天礦山産・銀ニッケル・コバルト礦

Silver-nickel cobalt ore from the Junten mine.

理學博士 渡邊 萬次郎 (M. Watanabé)

ABSTRACT. Silver-nickel ore of the Junten mine consists essentially of small concretions of niccolite, surrounded by gersdorffite or by chloanthite-smaltite, together with minute wires of native silver, both in calcitic vein material. Its resemblance to silver ores of the Cobalt district is noted. Silver is partly contemporaneous with niccolite and is regarded as primary in origin.

緒言

順天礦山は全羅南道順天郡西面雲坪里に在り、全羅線順天驛の北方約8
料に當り、順天-谷城-全州間の國道に近く、地質は主として花崗片麻岩に屬
する。礦床はその中を貫ぬく礦脈で、始め採掘せられたものは、 $N80^{\circ}W$ の
走向を以て、 N 約 80° に急斜する含金石英脈で、延長 1500 米前後に達し
た。然るにその後その東方に多量の方鉛礦、黃鐵礦、閃亜鉛礦等を含む數條
の礦脈發見せられ、近年主としてそれらを採掘してゐる。

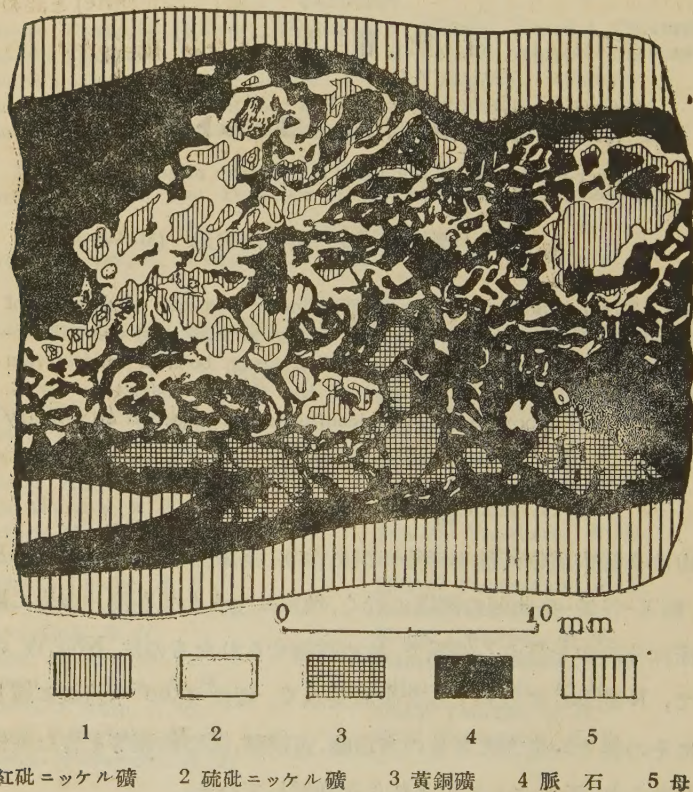
こゝに記さんとする礦石は、同礦床の一部に發見せられたものとして、日
窒礦業株式會社安倍亮氏から筆者に賜はつたものゝ一部で、氏によれば、一
の獨立の細脈として、片麻岩中を貫ぬくもので、その性質も部分によつて變
化あり、こゝに記すはその一部分に過ぎないが、その性質上カナダの Cobalt

地方に産するニッケル・コバルト・銀礦石によく類し、學術的に興味深い
と信ずるので、ここに紹介するのである。

礦 石 の 外 觀

脈に直角な斷面を選び、これを研磨して觀察するに、その兩側から母岩を

第 壹 圖



被覆する石英と、その面を被ふ黃銅礦とで、多少對稱縞狀を成すが、内部は
主として方解石の集合と、その諸所に散在或は密集するニッケル・コバル
ト礦物類の多數の結球狀集合から成り（第壹圖參照）、これに往々多量の掬

糸状の自然銀を伴ひ、その外觀上前記 Cobalt 地方のもの¹⁾に極めて似てゐる。

これらのニッケル・コバルト礦には明かに2種の區別があり、一は帶紅褐色を呈し、その色自然銅に類するも、硬くて容易に傷つがず、試験の結果は紅砒ニッケル礦(niccolite)に一致し、他は灰白色に強く輝やき、ニッケル、砒素、及び硫黃を主なる成分とし、硫比ニッケル礦(gersdorffite)と認めらるるも、往々硫黃に乏しく、且つ若干のコバルトを含み、砒ニッケル・コバルト礦(chloanthite-smaltite)に移化する傾向がある。

このうち紅砒ニッケル礦は概ね結球の中核を成し、その外殻を硫砒ニッケル礦で代表されるが(第壹圖及び第四圖)、時には紅砒ニッケル礦と自然銀とが共生し(第參圖)、或は多少の方解石が紅砒ニッケル礦に圍まれ、その中核を形成する。

紅砒ニッケル礦 (niccolite)

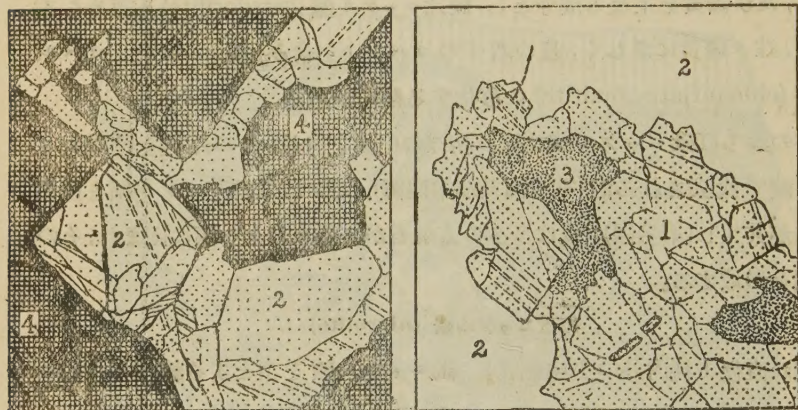
概ね直徑1耗内外の小粒を成し、砒ニッケル礦を主とする結核の中心を成し、これを摘出して硝酸に溶かせば、青綠色の溶液を生じ、これにアンモニヤ水を加ふれば、青藍色に變ずるだけで、何等の沈澱物を生ぜず、更にヂメチル・グリオキシムを加へれば、濃緋紅色の多量の粉末を分離し、ニッケルに富むことを明かにする。また粉末を閉管中で熱すれば、その中の空氣により、少量の酸化砒素を生じ、淡く管壁に昇華するだけで、砒素またはアンチモニーの硫化物は生じない。

研磨面上顯微鏡下に觀察すれば、平滑な面でよく磨かれ、明かに淡紅褐色を呈する。直交ニコル下では非等方性や顯著で、暗紫灰色乃至暗黃綠色に變ずる。これに硝酸(1:1)を滴下すれば、泡を發して褐色に變じ、その周圍の砒ニッケル礦と一層對照を明かにし、この現象は鹽化鐵(20%)の水溶液でも認められる(第貳圖右半)。この際結晶の方向によつて、腐蝕の程度

1) W. Lindgren, Mineral Deposits, 1933, 603~610; B.S. Bastin, Econ. Geol., 12 (1917) 219~236, 20 (1925), 1~24, etc.

を異にするため、粒の境界を明かにし、肉眼的に 1 個の粒と見える部分も、多數の微粒の集合から成るを明かにし、且つ單一結晶も、往々平行のレンズ状に分れ、またはその輪廓に平行する多數の線に貫ぬかれる。昇汞水 (20%) では多少濃褐色になるが、鹽酸 (1:1)、青化加里 (20%)、苛性加里 (飽

第 貳 圖



1 紅砒ニッケル礦 2 硫砒ニッケル礦 3 自然銀 4 方解石

左 濃硝酸腐蝕 右 FeCl_3 (20%) 液で腐蝕

和) 等の溶液では變化がない。

これらの點で本礦物は化學的には Farnham 氏¹⁾、光學的には Schneiderhöhn, Ramdohr 兩氏²⁾の記した紅砒ニッケル礦 (niccolite) (NiAs) に一致し、前記の化學反應もまたこれに相當する。

硫砒ニッケル礦 (gersdorffite)

次に、灰白色の部分をよく選び、これを硝酸に溶解すれば、綠色を帶び、それにアンモニヤ水を加へれば、淡青色となり、更にデメチル・グリオキシムを加へれば、ニッケル固有の緋紅色沈澱を多量に生ずる。但しこの際硝酸溶液の一部を分ち、ロダン酸アンモニヤを加へれば、明かに鐵の存在を示す

1) C. M. Farnham, Determ. Opaque Miner. 1931, 94.

2) H. Schneiderhöhn, P. Ramdohr, Lehrb. d. Ergmikroskopie, II, 1931, 147.

が、これは通常硝酸溶液にアンモニヤ水を加へても、赤褐色の沈澱を生ぜぬ程度である。

次に本礦を粉末として、閉管中に熱すれば、先づ管内の空氣の作用で多少の酸化砒素を生ずるが、それは次第に試料に遠い方から言つて、黄色、暗赤色、黑色の昇華物に被はれ、冷えればそれらはそれぞれ淡黄、橙黄、黑色を呈し、硫黄、硫化砒素及び砒素と認められる。

これらによつて本礦物はニッケル、硫黄、砒素を主として、これに多少の鐵を含有することを示し、その成分上硫砒ニッケル礦 (gersdorffite) NiAsS と認められる。

次に本礦の研磨面を、反射顯微鏡下に檢するに、白色で多少蒼味を帶び、紅砒ニッケル礦より僅かに硬く、多色平滑を缺く部分あり、正八面體に相當する斷面を示す場合を見、直交ニ科尔下に等方である。これに硝酸(1:1)を滴下するに、徐々に泡沸するだけで、容易に色を變へないが、濃硝酸では盛んに泡沸して褐變し、往々縞狀にその色を變へ、双晶構造を暗示する(第貳圖左半)。また昇汞の20%液でも、多少灰色に變化するが、鹽酸、苛性加里、青化加里等で犯されず、鹽化鐵(20%)液でも犯されぬ。これらの點でも Flörke 氏¹⁾、西澤章三郎氏²⁾等の記した硫砒ニッケル礦に一致する。尤も Farnham 氏に據れば、この礦物は鹽化鐵液に犯されるが、これは必ずしも然らざること、既に Murdoch 氏¹⁾によつて指摘せられ、西澤氏また組成の明かな本礦に就て、同一結果を認めてゐる。

砒ニッケル・コバルト礦 (chloanthite-smaltite)

しかしながら、一見前者と同一產狀の礦物中にも、多少違つた反應を呈する部分があり、これを硝酸に溶解して、アンモニヤ水で中和した場合、明かに液に濁を生じ、これにそのまゝデメチル・グリオキシムを加へれば、暗紫赤色を生ずる場合あり。この白濁を濾過した後にデメチル・グリオキシム

1) W. Flörke, Metall u. Erze, 20 (1922), 197.

2) 西澤章三郎, 日本礦物資料, 續 I (昭和 15), 40.

を加へ、始めてニッケルの反應を明かにする。

かゝる場合にアンモニヤ水を加へて後、暫らくそのまま放置すれば、濁は次第に失はれて、淡褐色の沈澱となり、鐵の含有を明かにし、残りの液は幽かに淡紅色を帯びる。これは例へば和歌山縣三陽、朝鮮報國コバルト礦山等の含コバルト硫砒鐵礦または砒鐵礦を同様に處理した場合に見られるところで、コバルトの存在を明かにする。

仍つて試料の一部分を、礪砂球中に熱するに、始めはニッケル鐵等に固有の綠色を與へるが、冷えれば天青色となり、コバルトの含有を明かにする。

この種の部分はこれを閉管中に熱しても、多少の酸化砒素の微品を昇華するだけで、橙黄色の硫化砒素、或は黄白色の硫黃を昇華すること極めて少なく、砒素の黑色昇華物も、前記の如く容易に生ぜぬ。

即ちこの種の礦物は、ニッケル及び砒素の外、相當量のコバルトを含み、硫黃を含むこと少なく、その成分上、砒ニッケル礦 (chloanthite) と砒コバルト礦 (smaltite) の中間物と認められる。

但しこれらは顯微鏡下の性質に於て、前に記した硫砒ニッケル礦 (gersdorffite) によく類し、確實なる區別が殆んど不可能である。唯それよりも一層容易に硝酸に犯され、且つ一般にニッケルに富む部分と、コバルトに富む部分とが、細かく累帶構造を成すのを特徴とし、かゝる部分は本礦中にも往々認められるから、前記の化學反應と共に、これをかく認むことが至當であらう。

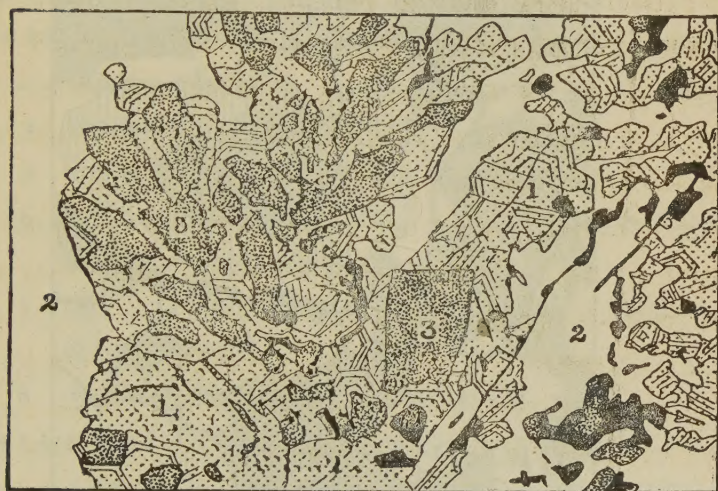
自然銀とその産狀

前記の紅砒ニッケル礦を硝酸に溶かした際、これに鹽酸を加へれば、白濁を示す場合あり、かゝる部分を研磨して、反射顯微鏡下に觀察するに、多少帶黄白色を呈し、鐵針で容易に傷つけられる部分あり、直交ニ科尔下に等方で、硝酸 (1:1)、鹽酸 (1:1)、鹽化鐵 (20%)、昇汞 (20%) 液等で容易に犯され、褐色乃至黑色となるが、青化加里 (20%) 液では方向によつて腐蝕の程度を異にし、粒の境界を明かにする。但し苛性加里には犯されぬ。これ

即ち自然銀で、一部は不規則粒状を成して、紅砒ニッケル礦中に包裹されるが、一部は捩糸状等を成して、方解石を貫ぬき、その破片を連繋する。常に柔和な光澤を持つた白色を呈し、或は微紅色を帯び、打てば展がり、曲げれば曲り、ナイフを以て容易に切れる。

稀には紅砒ニッケル礦を不規則樹枝状に貫ぬくが(第參圖参照)、その外側

第 參 圖



1 紅砒ニッケル礦 2 硫砒ニッケル礦 3 自然銀
 FeCl_3 (20%) 液で腐蝕後

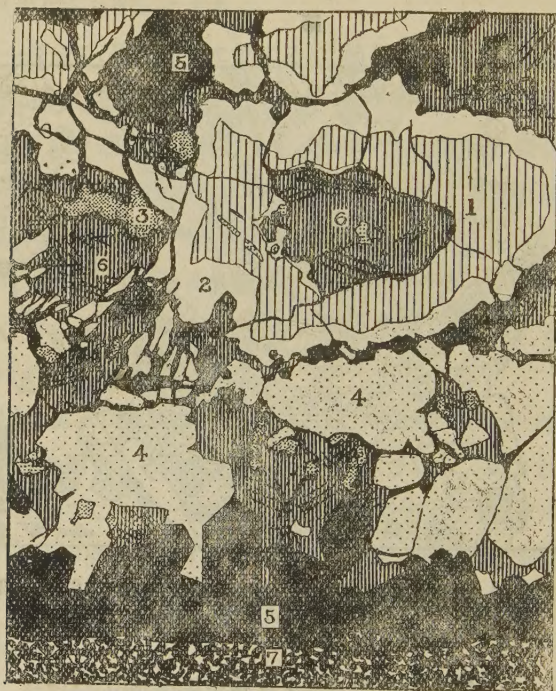
の硫砒ニッケル礦または砒ニッケル礦中には見出されぬ。

成分礦物成生の順序

本礦石中最も早く生じたのは、その兩側の母岩の面を直接に被覆する石英で、多少櫛の齒状を呈する。この石英は往々直接黃銅礦に被覆せられ、その間隙を方解石で充填せられ、これに多少の石英と、自然銀とを伴ふのを常とする(第四圖参照)。しかるに礦脈の中軸部では、石英を減じ、方解石の集合を主とし、これに前記のニッケル・コバルト礦物を主とする結球を含

み、それらは通常紅砒ニッケル礦から成る中核部と、硫砒ニッケル礦または砒ニッケル・コバルト礦から成る外縁部とに分れ、時には更に紅砒ニッケル礦の内部に、方解石の破片を含み(第四圖参照)、或は自然銀の微粒が、樹枝狀乃至放射狀を成して配列し、紅砒ニッケル礦の集合と同時に發達し

第 四 圖



1 紅砒ニッケル礦 2 硫砒ニッケル礦 3 自然銀
4 黄銅礦 5 石 英 6 方解石 7 母 岩

た状態を示してゐる(第參圖参照)。即ちこの種の集合體を研磨して、鹽化鐵で腐蝕し、紅砒ニッケル礦と自然銀との關係を見るに、後者は往々前者の結晶間隙を充たしつゝ、それと同時に生長したる状態を示してゐる。

これに反してその外側の硫砒ニッケル礦乃至砒ニッケル・コバルト礦

は、紅砒ニッケル礦の結晶間隙をそのまま充たす場合もあるが(第參圖右上部)、往々これを他の礦物との境に沿つて脈狀に貫ぬき、或は紅砒ニッケル礦の成長線に喰ひ入つて、その外側からこれを交代した状態を示す部分(第貳圖右半)もあり、少くともその一部分は、既に生じた紅砒ニッケル礦を交代してゐる。但しこれまたその外縁部は屢々破碎し、その間隙を方解石に充填せられる場合あり、この種の方解石は往々粗粒の結晶を成し、自然銀の大なる捩糸狀集合を包裹する。

以上によつて本礦石の成生順序を推定するに、大體次の通りである。

1. 櫛齒狀石英の成生
2. 黃銅礦の沈澱
3. 方解石及び自然銀の沈澱 → 6, 7, 8 まで繼續
6. それらの破片を中核とし、紅砒ニッケル礦の結球狀集合の成生、これにも往々自然銀の同時沈澱を伴ふ。
7. 硫砒ニッケル礦または砒ニッケルコバルト礦による紅砒ニッケル礦の被覆及び交代
8. 方解石及び自然銀の沈澱による最後の充填

即ち何れも熱水溶液の產物として、連續的に成生したものと認められ、紅砒ニッケル礦の結球は、恐らく熱水溶液中に一時懸游したものであらう。

類似礦石との比較

本礦石と極めて類似するものは、Bastin 氏、Whitehead 氏等¹⁾によつて、特に精しく研究せられたカナダの Cobalt 地方のもので、こゝでも多量の自然銀はニッケル及びコバルト礦の小球と共に、方解石中に含有せられ、世界有數の銀ニッケルコバルト礦山を成してゐる。Bastin 氏によれば、こゝでも紅砒ニッケル礦は主として砒コバルト礦等に包圍せられ、自然銀の一部はこの紅砒ニッケル礦中にも包まれ、一部はその外側の方解石の中を

1) E. S. Bastin, Ec. Geol. **12** (1917) 219; **20** (1925) 1; W. L. Whitehead, do, **15** (1920) 103; A. R. Whitman, do, 136; J. M. Bell, do, **18** (1923) 694; E. Thomson, do, **25** (1930) 470.

貫ぬくこと、本礦石に類似する。但し自然銀の成因に就ては、初成、後成兩説あり、Lindgren 氏¹⁾の如きは、砒コバルト礦の薄層に被覆せられた自然銀の樹枝狀骸晶が、方解石中に含まれてゐる Bastin 氏の寫眞に接してさへ、なほその後成説を支持せんとし、Bastin 氏もまた始めはこれに従つたが、その後一層多くの試料を吟味した結果、自然銀の一部は樹枝狀骸晶を成し、或は紅砒ニッケル礦と結球狀の集合を成し、その外側を種々のニッケル、コバルト礦物に包圍せらるゝ事實により、これを初成のものと認め、その一部分は比較的初期に生じたことを認むるに至つた。

獨逸の Annaberg 及び Schneeberg 産銀・ニッケル・コバルト礦もこれに類するが、それらに於ては方解石の外に重晶石を伴ひ、また蒼鉛礦物を含む。

我國では、これに類する礦石は他に知られてゐない。但し兵庫縣夏梅²⁾では、蛇紋岩の變質した粘土質中に、ニッケル礦の團塊を含み、その中に於ける紅ニッケル礦と硫砒ニッケル礦の關係は、多少本礦に類してゐる。即ちこゝでは兩礦物中交互に一方に富む部分が、同心層狀に重なり合ひ、往々直徑數厘に達する結球を成してゐるが、これを鏡下に觀察すれば、そのうち紅砒ニッケル礦の集合は、常に不規則放射狀に、硫砒ニッケル礦に貫ぬかれ³⁾、その晶出の順序が本礦に一致する。但し中本明氏⁴⁾によれば、夏梅の紅砒ニッケル礦は砒素と同時にアンチモニーを含み、その變種 arite Ni (As, Sb) と認められ、またその硫砒ニッケル礦は砒ニッケル礦(chloanthite)とも記されてゐる。

この外紅砒ニッケル礦は江原道の塔里里⁵⁾に知られ、硫砒ニッケル礦は忠

1) W. Lindgren, Mineral Deposits 1933.

2) 木下龜城, 本誌, 14 (昭和 10) 45; 15 (昭和 11), 124.

3) 中野長俊, 本誌, 9 (昭和 8), 230.

4) 中本明, 地質, 40 (昭和 8), 302.

5) 素木卓二, 朝鮮鑛業會誌, 17 (昭和 9), 150.

青南道青藍里¹⁾ 岩手縣千代ヶ原²⁾ 兩地に知られるが、何れもその産狀に於て本礦石と類縁がない。

要 約

順天礦山産ニッケル礦は片麻岩中を貫ぬく細脈に屬する。本礦石の最初の成生物はその兩側の石英及び黃銅礦である。次にそれらの間隙を充たして、主として方解石を生じ、これに多數のニッケル・コバルト礦物類の結球と、自然銀の捩糸狀小片を伴ひ、カナダのcobalt 産銀礦に類する。細球の中核は概ね紅砒ニッケル礦(niccolite)で、その周囲及び割目に沿つて硫砒ニッケル礦(gersdorffite)乃至砒ニッケル・コバルト礦(chlanthite-smaltite)の發達を見る。

自然銀の一部は紅砒ニッケル礦に伴なつて比較的初期から生じ、一部は方解石と共にその發育を最後まで續けたが、すべて初成のものと見られる。

本研究に用いた試料は安倍亮氏の惠贈にかゝる、こゝに謹んで謝意を表する。また研究に要せる費用の一部分は、文部省科學研究費に屬する。

追 記 本稿執筆後札幌市に開催せられた本會並に日本地質學會、日本地理學會聯合學術講演會上、中村惠三郎氏の“若干の本邦産コバルト礦物に就て”の論文提出あり、野崎吉郎氏の代讀を見、續いて地學雜誌³⁾上、同氏の“本邦コバルト鑛床雜記”に於て、共に順天鑛床産礦石中、特に砒コバルト・ニッケル礦(smaltite-chloanthite)にて記載せられてゐる。本礦はその産狀に於て筆者の記した砒ニッケル・コバルト(chloanthite-smaltite)に該當し、そのうち特にコバルトに富み、累帶構造の一層顯な部分のやうに思はれるが、筆者の觀察した部分には見當らなかつた。これは恐らく觀察試料の部分的相違によるものであらう。本礦脈が部分的差違に富むことは、既記した通である。

- 1) 立岩巖、日鑛會誌、51(昭和10)275; 木野崎吉郎、朝鑛會誌、18(昭和10)5; 西澤章三郎、日本礦物資料、續1(昭和10)40; 中野長俊、本誌16(昭和11)10.
- 2) 渡邊萬次郎、本誌、29(昭和18)271.
- 3) 中村慶三郎、地學、第55年(昭和18)197.

朝鮮江原道伊川郡板橋面のニッケル礦床

Nickel ore deposits at Bankyō-men, Korea.

理學士 松隈壽紀 (T. Matukuma)

緒言

本礦床は江原道伊川郡板橋面空寺洞にあり、斜徳山の東側中腹に位置し、京元線平康驛より乗合自動車を利用し伊川に到り更に北上龍塘里に達し同地より山元迄徒歩5軒にて到着出来る。既に朝鮮礦業振興會社の経営により大藏特殊礦山と稱する。

筆者の同礦床を観察したのは昭和17年8月にして此處に反射顯微鏡の研究を主としてその概要を發表する。

地質及び礦床概説

本地域を構成する地質は所謂花崗片麻岩系に屬する岩石で、礦床附近全體を占め、礦床は同岩中に胚胎する。

片麻岩の片理は $NI0^{\circ} \sim 20^{\circ}W$ で概ね西に傾斜する。肉眼的に灰色にて有色礦物、多くは黒雲母の集合する處は黑色となる。これらの岩石を微鏡下に檢すれば多種多様の岩質を有し必ずしも一樣ではない。微鏡下では石英、正長石、石英を主とし斜長石、黒雲母を伴ふ正規の花崗片麻岩は僅かに斜徳山の南虎岩附近に露出するのみにして、多くは石英に斜長石、絹雲母は石英に絹雲母のみの絹雲母片麻岩とも稱すべき岩石が大部分を占め、その中前者には黒雲母を多量に有する事がある。この絹雲母に富む片麻岩に於ては絹雲母中に殘斑變品狀に短柱狀の細粒又は束狀集合體をなすリネセイト角閃石の存在が顯著な特徴として認められる。又金剛坑内礦床に於ける母岩中には粒狀他形の曹長石のみより成り、石英をも留めぬ特殊な曹長石片麻岩と稱すべき岩石も存在する。

これら片麻岩を貫く岩脈は相當に種類も多く、採掘現場より變電所にかけての道路上には幅1mのベグマタイト、30cm前後の輝綠岩、黒雲母

質したと考へられる緑泥石のみよりなる小岩脈等が不規則な方向に走る。

礦山南方の尾根には産状不明の煌斑岩、多陣峴附近には輝綠岩の岩脈があるが何れも甚しく變質分解する。

礦床を胚胎するは上述の如き岩脈とは離れた片麻岩中の綠色岩にして、その幅は脈幅 2~3m 及び 1m の二つのものが金剛坑 及び 第一立入に觀察される。これらの綠色岩は宛も岩脈状をなしその走向傾斜片麻岩の片理に準ずる片状を呈する柔軟暗綠色、時に緻密質暗綠色の岩石である。

鏡下では全く微細な石英と綠泥石の集合體よりなり、綠泥石は鱗片狀レキラスティック構造をなし片理の方向に配列する。その他に少量の絹雲母を伴ふが、長石の如き礦物は全然含まれてゐない。

金剛坑を中心とする主要礦體はこの綠泥片岩中に存在するが、同礦體の南端によつて切斷された東北部に存在する綠色岩は稍片理を有するも一層を帯び、硫化物の存在少く、鏡下では綠泥石が多少減少するのみでその構造に於て殆ど相違しない。前者の綠色岩は花崗片麻岩或は絹雲母片麻岩の境界は可成り鮮明ではあるが後者に於ては概ね漸移する様である。この強い綠色岩の中には往々にしてリーベック角閃石を少量伴ひ、絹雲母片麻岩と少しも異なる處のない構造を呈する。

金剛坑内に見る曹長石片麻岩は綠色岩の接觸部では相當に綠泥石化作用を受け、曹長石の一部は綠泥石に代つて居り、絹雲母片麻岩も綠泥石を伴ふことが多い。

これらの事實は礦床生成の際上昇せる礦液が花崗片麻岩或は絹雲母片麻岩の裂隙を充填する時、母岩に對して著しく綠泥石化作用を働いた結果片岩の如き岩石を形成したのではないかと考へさせる。

礦床の規模大なる金剛坑の綠色岩は最も綠泥石の存在が顯著で、硫化物と共に礦染する東北部の霧島、天城坑等では灰色となり、綠泥石を減ずる傾向がある。

礦床は金剛坑に於ては綠色岩中にのみ限られ、同岩の幅以内で厚薄變化する硫化礦物の脈狀を成し、時には全く硫化物のみで、綠色岩を挾有した事もあるが、多くは厚薄不定の分岐接合を繰返す礦物の脈が綠色岩を包裹或は切斷して、その片理に沿ふて走つてゐる。

礦石は肉眼的に殆ど全く硫化物の緻密な集合體で、脈石を識別する事困難な塊狀礦を主とし、礦染狀礦石はこれを少量作ふのみである。塊狀礦の一部は細脈をなし重膜狀構造を呈する事もあり、綠色岩を切る事もあるが、この場合には方解石、石英等の脈石を明瞭に認め得る。

礦染狀礦石の多くは黃銅礦に富み、塊狀礦の一部にも黃銅礦が可成り中する事もあるが、大半は灰色乃至稍黝んだ黄色を帶び、前者は硫鐵=ニッケル礦より變つたヴィオラライトに富み、後者は硫鐵=ニッケル礦を主要礦物とする。

灰色の片麻岩には硫化物の存在甚だ少いが、礦化作用を全然受けぬ譯ではない。

礦體は金剛坑鑛押で斷層に逢着、天城、霧島等の綠色岩と切斷されるが、これらでは硫化物が礦染する程度に過ぎず、目下金剛坑鑛先の探礦に努力中である。

礦石品位は母岩を挾まぬ塊狀礦中硫鐵=ニッケル礦及びヴィオラライトを主要礦物とする硫化礦を分析の結果、Ni, 10.80%, Co, 0.35%, 及び Ni 15.56%, Co, 0.42% を得た。

この品位は脈石としての石英及び方解石或は黃鐵礦等の量の多少によつて異なるが最高品位 15% に達する事は明かである。

斯くも高品位のニッケル礦石は稀な部類に屬するが、反射顯微鏡下の觀察は満足すべき説明を與へてゐる。

礦石の顯微鏡的構造

礦石は肉眼的には綠色岩時には片麻岩中に主に黃銅礦に富む礦染狀礦と、緻密塊狀礦よりなり、後者は更に黃銅礦に富む礦石と、黃銅礦に乏しく

硫鐵ニッケル礦を主とする礦石とに分れる。然し鏡下に觀察するに何れも同様の礦物成分よりなり唯その量の多寡によつて相違するに過ぎない。

塊狀礦の琢磨面を觀察すれば、早期晶出にかゝる磁鐵礦及び黃鐵礦の自形乃至半自形結晶が、密に集合する粒狀構造をなす事もあるが、多くはそれが斑點狀に散在し、その間隙を充たして全く他形を呈する硫鐵ニッケル礦・磁硫鐵礦・黃銅礦等が網目狀に發達するもので、充填礦物は任意その量を變じて肉眼的性質に相違を來たす。各礦物の性質及び相互の共生關係は次の様である。

磁鐵礦 礦石中最も初期に生成された礦物でその量多くはないが極く普遍的に散在し晶出順序より黃鐵礦に伴ふ事が多い。黃鐵礦に包裹され或はその結晶間隙に緊密に挟まれる時には 0.1 mm に達しない比較的細粒の圓味ある略自形の結晶を呈するが、後期の硫化物に富む部に賦存する時は稍粗粒で 1.5 mm に及ぶが、自形結晶の外形を示す事極めて稀で、殆ど總て後期礦物のため融蝕或は不規則細脈狀の交代作用を受け甚しく不定形な粒狀をなして殘留する。後期礦物は又細脈を伴はずに不定形の事もあるが、多くは境界面の平滑な圓粒として甚だ多數磁鐵礦中に礦染し、恰もポイキリテイツク狀の構造を呈する事が多い。それ等は黃鐵礦が最も著しいが硫鐵ニッケル礦及び黃銅礦も亦寡からず認められる。この包裹狀の硫化物の存在は磁鐵礦の著しい特徴である。

鹽酸にて腐蝕するも殆ど均質であるが稀に結晶の周邊部に近く格子狀をなすチタン鐵礦の析出する事がある。チタン鐵礦は磁鐵礦に比し遙かに反射力弱く暗色にして異方性顯著である。

黃鐵礦 磁鐵礦に次いで早期に晶出せる礦物であるが、一部には礦化作用の最後期にも生成されてゐる。礦物中最も多量に産し且普遍的である。

早期黃鐵礦は他形結晶の集合よりなる塊狀の礦石をなして粒狀構造を示し又は後期礦物中に包圍される斑狀をなし、粒形小なるは 0.05 mm 内外より大なるは 1.5 mm に達する。磁鐵礦と同様に後期礦物によつて邊緣を交

代され、白形結晶を呈示する事は至極少いが、裂縁に乏しく、時に黄銅礦及び方解石に切られる事があるのみである。

礦化作用の最後に生成された後期黄鐵礦は常に方解石中に包裹され、白鐵礦を隨伴する不定形か、或は著しく白形を呈する結晶として存在する。白形を呈する黄鐵礦は早期黄鐵礦に比し細粒で、徑 0.05mm 内外を平均とし a(100) の面の發達が著しい。然し兩者間の漸移するが如き形態を示すものも少なく識別困難の事もあるがその他の條件により之を明かにする事が出来る。即ち後期黄鐵礦は琢磨面に微細な凹穴、恐らく小孔隙を有する事多く兩者相接する時その孔隙によつて區別出来る。この時屢々早期黄鐵礦はその不規則な結晶を後期黄鐵礦に包圍されて居り、二次的再生長(outgrowth)を行つたものと認められる場合がある。硫鐵ニッケル礦・黄銅礦との關係は、これに伴ふ方解石脈がこれらの礦物を切り又は交代する外に後期黄鐵礦自身が包圍他形の境界を示す事により、品出時代は遙かに遅れてゐる事明である。白鐵礦を隨伴するものに就ては後述する。

硫鐵ニッケル礦 早期の磁鐵礦・黄鐵礦の填間物として最も主要な礦物であり本礦床中ニッケル礦物として最も重要な礦物である。一部分二次的にヴィオラライトに代つてゐるが、これも一次的には硫鐵ニッケル礦である故それをも含むと、硫鐵ニッケル礦は黄鐵礦に亞ぎ多量に存し、黄銅礦を凌駕する。全く他形の不規則網目状をなす。

色はクリーム黄で黄鐵礦より反射が弱く、硬度は中等で鐵針で傷が付くが、黄銅礦より硬い。

異方性は全く認められない。試薬に對しては HNO_3 (1:1) により黄褐色、蒸氣により淡黄色に染められるがその他の HCl 、 KOH 、 FeCl_3 、 KCN 及び HgCl_2 には negative である。

(III) の劈開の發達と不規則な裂縁の存在は構造的の著しい特徴として顯著であるが、甚だ鮮明で、多くは方解石の細脈に貫入されてゐる。

ヴィオラライト (violarite) 硫鐵ニッケル礦の新鮮なものは殆どなく、常に

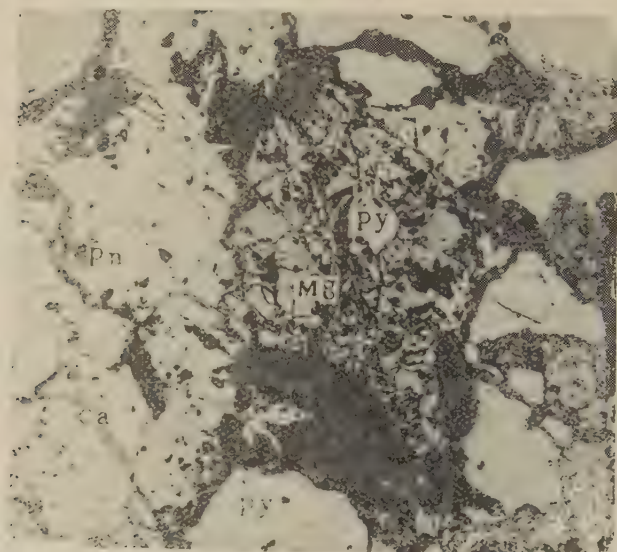
多少なりともヴィオラライトの交代作用を受ける。ヴィオラライトの發達の微弱な時には、硫鐵ニッケル礦の劈開、裂罅及び結晶境界等に沿ふて狭い紫色礦物の存在が認められる。これには適宜の試藥を以て腐蝕するか、高度の對物レンズを以て檢する必要がある。交代作用の漸次進行すると共に硫鐵ニッケル礦は紫色礦物の内部に僅かに殘存するのみとなり遂には全くヴィオラライトのみよりなる礦石に達する。従つて、礦石の一部には磁鐵礦・黃鐵礦・ヴィオラライト・黃銅礦よりなる處があるが、その組織は硫鐵ニッケル礦を含むものとは毫も變りない。

本礦は Short 及び Shannon が各地產の礦石に就て顯微鏡觀察及び化學分析を行ひ $(\text{Ni,Fe})_3\text{S}_4$ なる分子式を與へてゐるが、本礦床に於けるヴィオラライトは略その記載に一致し次の如き性質を有する。即ち色は紫灰色、硬度は磁硫鐵礦より低いが硫鐵ニッケル礦に一致し兩者間には殆ど浮上りを認めない。硫鐵ニッケル礦の (III) の劈開を留めてゐるが、他に稍不明瞭な且微細な等軸晶系の劈開を有して居る。異方性は多くは微弱ではあるが認められ、屢々可成り著しく異方性を示す事がある。異方性に關聯して顯著な構造は、硫鐵ニッケル礦を劈開等に並行して交代する際幾重かの稍色彩を異にする縞よりなる膠狀構造をなす事があり、その縞は劈開等に接する部は常に清澄であるが、それより内部では稍褐色に汚濁した部分が交互に重り、各縞は方位の異なる搖焰狀の消光をなす隱微品質結晶よりなる。

腐蝕試験 HNO_3 (1:1) は發泡し褐より黑變し蒸氣は暗褐色とする。 HCl は礦物に變化はないが液は黄色となる。 $\text{KCN} \cdot \text{FeCl}_3 \cdot \text{KOH} \cdot \text{HgCl}_2$ は何れも negative なり。大氣中に放置する時には容易に暗褐色の沈澱物を生じ深く腐蝕され、之を拭いても膠狀構造の縞の各々によつてその程度を異にする。

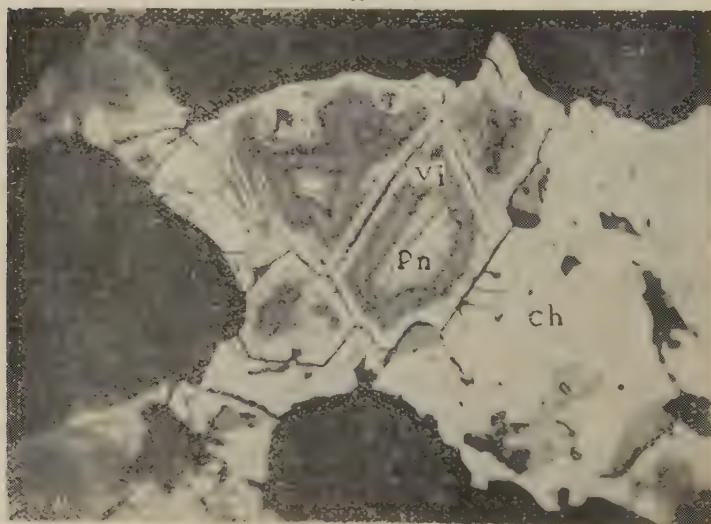
以上よりヴィオラライトの生成は硫鐵ニッケル礦より天水の作用によつて行はれた事は明かで膠狀構造はその際擴散による交代作用を暗示してゐる。尙一部のヴィオラライトは磁硫鐵礦よりも導かれるが次に述べる。

第 壹 圖



塊狀礦の断面に、包裹状黄鉄鉱(py)を有する磁鉄礦 Mg. (灰色)、又は硫鐵ニツケル礦 (pn)、方解石 (Ca) 脈は劈開に沿つて貫入する。暗灰色は石英 ×150.

第 貳 圖

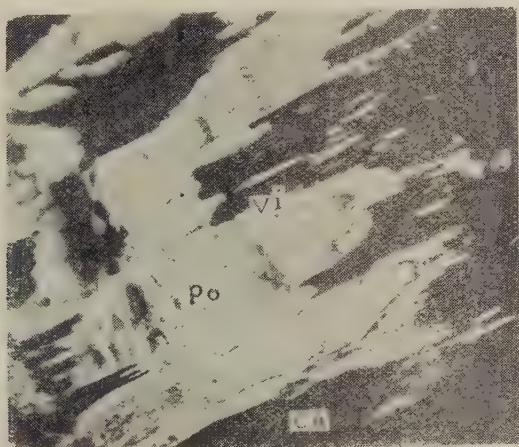


硫鐵ニツケル礦を結晶面、劈開に沿つて交代するヴァイオラライト (vi) の膠狀構造。硫鐵ニツケル礦は劈開 (111) 完全でヴァイオラライトの最内部に白色の小斑點として認められる。油浸 ×390.

磁硫鐵礦 本礦床の礦石中に磁硫鐵礦の存在する事は極く僅少であり亦稀であつて、多くのニッケル礦床でその主要礦物として賦存するに對し、本礦床は磁硫鐵礦を缺除し、多量の硫鐵ニッケル礦より構成される點に於てその著るしい特徴とする。

琢磨面に磁硫鐵礦を認めたのは數多の標本中僅かに二ケのみであり何れの琢磨面に於ても他の如何なる礦物よりも少量であつた。それ等の標本で

第 參 圖



磁硫鐵礦 (po) を二次的に交代するヴァイオラライト。暗黒部は方解石にして、磁硫鐵礦の劈開 (0001) に沿ふて葉片狀に交代する。

は本礦物以外にヴァイオラライトのみをニッケル礦物とし、硫鐵ニッケル礦は存在しなかつた。

磁硫鐵礦も亦磁鐵礦及び黃鐵礦の充填物として完全に他形を示してゐる。淡紅クリーム黄色の強い異方性を有しヴァイオラライトより硬度高く普通劈開は認められない。HNO₃(1:1) 蒸氣は虹色に染め、KOH は急速に虹色に染める。KOH 腐蝕は硫鐵ニッケル礦と最も容易に區別せしめる。多くの磁硫鐵礦の結晶に於ては硫鐵ニッケル礦と同様ヴァイオラライトの交代作用を受けてゐるが、その過程は明に趣を異にし、磁硫鐵礦の劈開(0001)

の方向に深く刻む鋸齒状の入込みを以て周邊及び裂隙より内部に向つて發達してゐる。従つて多くの磁硫鐵礦は幅廣き葉片狀の殘晶として認められる。ヴィオラライト中には少量の異方性の強い針狀の白鐵礦を析出してゐる。このヴィオラライトは硫鐵＝ッケル礦に起因するものと略同一の性質を有するが、磁硫鐵礦の劈開(0001)の方向に伸長する針狀又は稍細長い鱗片狀を呈する點が相違するのみである。一方この部以外のヴィオラライトには、明かに硫鐵＝ッケル礦の劈開(III)を留めてゐるとは云へ、二つの原礦物の境界を決定するに到らず、兩礦物の共生關係を明かにする事は不可能である。

方解石脈の貫入を受ける時には稍複雑な關係にある。即ちヴィオラライトの被膜を有する葉片狀磁硫鐵礦が方解石の略中央部にあり、同時に方解石中には、その劈開に平行に配列する一群の鱗片狀ヴィオラライトが包裹される場合がある。そのうへ多くは方解石の周邊部より、内部に向つて、鱗片狀ヴィオラライトに平行する黃鐵礦及び白鐵礦の微粒結晶の集合體が突出して方解石の外帯を形成する。然るにこの硫化鐵礦は、既述の如く後期黃鐵礦及び方解石に隨伴して現れる關係より、結局磁硫鐵礦生成後、方解石の貫入及び自形黃鐵礦の沈澱あり、磁硫鐵礦をその外部より劈開に沿ふて白鐵礦及び黃鐵礦の微粒集合體を以て交代し、更に方解石は殘餘の磁硫鐵礦を侵し、葉片狀にこれを包裹したものである。ヴィオラライトは硫鐵＝ッケル礦に於けると同様に二次的に作用した事は當然である。

黃銅礦 硫鐵＝ッケル礦及び磁硫鐵礦に亞いで沈澱晶出したる礦物で従つて早期礦物の間隙充填物として全く他形を呈する。塊狀礦にも可成り多量に存し亦礦染狀礦石にもその大部分を占めてゐる。硫鐵＝ッケル礦をその劈開(III)に平行なる細脈として貫ぬき、格子狀をなす事もあるが、不規則な脈狀をなすのが常であり、網口狀にこれを交代し、或は包裹物として居りその晶出は明かに遅れてゐる。磁硫鐵礦に對しても又同様に細脈を以て貫入してゐる。

白鐵礦 白鐵礦は後期の黄鐵礦と共に礦化作用の末期を代表する方解石脈の導入に伴つて沈澱するもので、兩礦物が常に密接に共生して方解石中に包まれてゐる。この黄鐵礦の一部は既述の通りで、その時幾何かの白鐵礦も、亦相伴つて同様に略々自形の粒狀結晶をなし、0.05 mm 以下を常とし、黄鐵礦との接觸面は自形結晶面を有する事多く、その沈澱は幾分早期に行はれた。

上述の自形結晶の他に、方解石と密に關聯し、白鐵礦及び黄鐵礦の極微細粒狀結晶の集合體が或る一定方向に平行に鋸齒狀或は寧ろ幅廣き葉片狀を呈する。これは既に磁硫鐵礦の項に述べた如く、恐らくその劈開に沿ふ交代作用に起因するものゝ様である。

又ヴィオラライト中に偶々針狀の單一結晶が存在する事があるが、この白鐵礦は硫鐵ニッケル礦又は磁硫鐵礦の二次的にヴィオラライトに交代される際に過剰の鐵分が白鐵礦となつて析出したものであらう。

石 英 脈石として主要成分をなすが肉眼的には認める事が稍困難な位である。0.5 mm 内外の他形粒狀構造をなす清澄な波動消光の餘り著しくない礦物で、ペグマタイト質乃至深成石英脈に見るが如き構造は示されてゐない。

磁鐵礦、黄鐵礦の間隙を充填し、或は包圍し、硫鐵ニッケル礦、黄銅礦によつて包圍される。

綠泥石 母岩たる綠色岩の主要成分としてのみならず礦脈中でも石英中に包裹されてゐるがその量比較的少量である。母岩のものと同様な鱗片狀小片をなす。

方解石 脈石としては寧ろ最も多量に存在するものゝ如く、硫鐵ニッケル礦、黄銅礦、磁硫鐵礦の劈開に沿ふて貫入し、特に硫鐵ニッケル礦の劈開は方解石の侵入を見る處著しく、硫鐵ニッケル礦がヴィオラライトに變化した後にも構造的に顯著な特徴を與へてゐる。

礦物の晶出順序

前述の如き共生關係より各礦物の晶出順序を見るならば、第一に磁鐵礦に始まり、次いで直ちに黃鐵礦が多量に晶出し、既に硫化物の半ばを構成した。その後石英が綠泥石を包裹し晶出した後、硫鐵＝ッケル礦が＝ッケルの總てを濃集して極く少量の磁硫鐵礦を伴ひ沈澱し、更に黃銅礦を相次いで晶出した。最後の礦化作用は方解石の貫入によるが、それと共に再度黃鐵礦と白鐵礦を沈澱し、磁硫鐵礦を著しく交代した。

礦床の成因的特質

＝ッケル 礦床が多く 鹽基性火成岩に伴つて産するのを常とするのに對し、本礦床は現在迄の地質的調査では、これら火成岩體との間には何ら關係を見出されない。礦體がすべて片麻岩中の綠色岩に伴ふてゐる事により、この綠色岩が綠泥片岩ではなくして鹽基性火成岩であると考へる者もないではないが、この意味で成因的に關聯せしめる事は不可能であらう。

斯くして數多の火成岩が存在するにも拘らず、礦床と關聯付けらるべき岩石のない事は、多量の＝ッケルの集中の解釋に苦しむ處である。

礦石の特質としては、＝ッケル 礦床の多くが含＝ッケル磁硫鐵礦で、少量の硫鐵＝ッケル礦を含有するのに對し、本礦床の＝ッケルの總てが硫鐵＝ッケル礦として礦石の主要部分を構成し、甚しく高品位の礦床を形成する事である。加之脈石としては僅かに石英、綠泥石、方解石の三者に過ぎず、少しも高温性を代表する礦物は存在せず、石英にしても比較的中程度乃至それ以下の溫度にて生成されたと云ふべきである。

硫鐵＝ッケル 礦は磁硫鐵礦の不溶分裂によつて析出し、比較的高温性の礦物と考へられてゐるが、本礦床に於てはそれらとは全く相違する事は明かである。

要するに＝ッケル 礦床は必ずしも岩漿分化乃至高温性の礦床に於てのみ硫鐵＝ッケル 礦として生成されるものではなく、低溫度に於ても硫鐵＝ッケル 礦を沈澱する事を語つてゐる。高品位の＝ッケル 礦床としてのみなら

ず、やゝ特異な型式を代表するものとして茲に發表した次第である。

追 記 松隈理學士は昭和十七年以來九州帝國大學工學部採鑛學教室にて本邦ニツケル礦石に對する研究を進め着々その成果を擧げてゐたが最近或事情のため、當分その研究を續行することが出来なくなつた。同學士の研究は勿論今後の不撓不屈の努力によつて完成せらるべきものであるが、それかと云つて今迄に得られた學問的な諸觀察をこのまゝ筐底に仕舞込んで置くことは誠に悪いことである。又彼れによつて殘された覚え書と草案とを整理することはこの研究に特別の援助を與へられた學術振興會に對する道德的義務でもある。かゝる意味から、——尙研究の途中ではあるが——今日迄に得られた成果の一部をこゝに發表する次第である。(木下)

トリディマイトの研究（第六報）

(無水珪酸礦物の格子エネルギーと安定度に就て)

Studies on tridymite : Sixth report

On the lattice energy and the stability of
anhydrous silica minerals

理 學 士 大 塚 英 夫 (H. Inuzuka)

(1) 要 旨

前報までは主としてトリディマイトを主體としてその同質異像體、クリストバライト、水晶、石英ガラス等の色々の物理性を測定し、最後に其等の蒸氣壓が高溫に於ては如何であるかと云ふ問題に就て實驗を行つて來た。

今回は之等の蒸氣壓に關聯した蒸氣熱及び格子エネルギーとその安定度に就ての實驗値を基として簡単な計算を行つて見た結果を略述する。

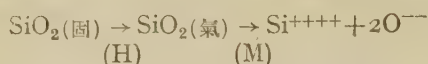
(2) 蒸發熱と格子エネルギー

今無水珪酸の様なものゝ格子エネルギーに就て考へて見ると、一つの結晶を造つて居るイオン状態の原子を二つの獨立の氣體のイオンにまで分解するエネルギーを格子エネルギーと呼んで居る。

つまり $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si}^{++++} + 2\text{O}^{--}$ となる時に必要とするエネルギーである。

之れを今 U として表はす事とする。

又一方考へ方を變へて SiO_2 が蒸發して一度蒸氣となりこれが各のイオンとなつたと二段に考へて見るならば、次の様に書き表はせる。



つまり固體から氣體になる時に (H) のエネルギーが使用され次にイオンに分解せられる時に (M) のエネルギーが必要である。之れを前述の格子エネルギーと關係付けて見ると次の式となる事は明らかである。

$$U = H + M$$

この場合 U は格子エネルギー、 H は蒸發熱 (この場合は蒸發熱と云ふより昇華熱と云ふ方が正しいかも知れぬ) (heat of sublimation) M は瓦斯體のものを各のイオンに分解するエネルギーである。

此處に於て H と M に就て其の性質を考へて見ると H は一モルの SiO_2 を揮發せしめるエネルギーである。よつて水晶、石英ガラス、クリストバライト、トリディマイト各によつて異つたものであり、 M は SiO_2 としては一定である。

この様に考へるならば、 U の大小は蒸發熱の大小によると考へられる。つまり同質異像體の格子エネルギーは蒸發熱の大小によると云ふ事が出来る。

この場合注意を要する事は U と云ふエネルギーは負の値を示すものである。

又次にこの蒸發熱は P - T の圖表から如何にして求めるかと云ふと、クラウジウス—クライペリオンの式によつて求める事が出来る。

$$H = T \frac{dP}{dT} (V_{(G)} - V_{(S)})$$

この式で $V_{(G)}$ は $V_{(S)}$ に比して非常に大きいと考へ、 $V_{(S)} = 0$

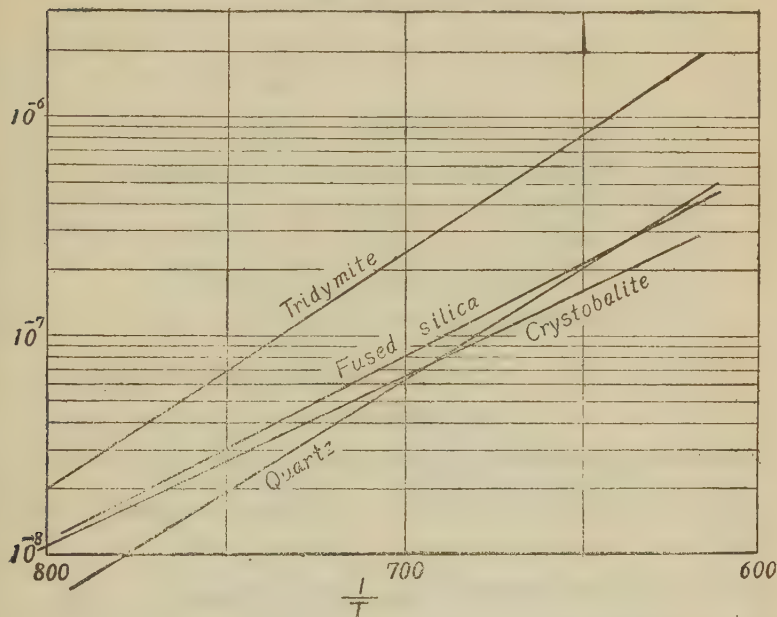
として
$$\frac{H}{RT^2} = \frac{d \ln P}{dT}$$
 となる。

又比較的狭い溫度範圍では蒸氣壓と $\frac{1}{T}$ との關係は直線であるから

$$\log P = \frac{-A}{T} + B \text{ となる。}$$

故に、H の大小は第壹圖の tangent の値に比例する事となる。

第 壹 圖



結晶又は非結晶の SiO_2 の格子エネルギーの大小は第壹圖の P-T 關係の tangent の値となる。

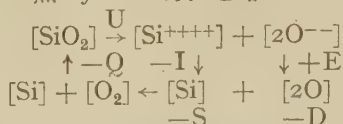
つまり、曲線(一般には直線と見なし得る)の立つて居るものゝ方が格子エネルギーは少いと云ひ得る、つまり負の大きな値を持つて居るのである。

又或る溫度に於ける各異像體は又この格子エネルギーの大小によると考へられる。今この M の値に就ては仲々實測出來得ないからこの方法からは U の値としての數値は計算出來ない。併し安定度を比較する事は出来る筈である。

(3) 格子エネルギーの計算

以上の蒸發熱からのエネルギーに關して格子エネルギーの比較は出來得るが、M の値が不明であるので次に Born-Harber の thermal cycle によつて計算を行つて見る。

今 Born-Harber の熱 cycle の方法を略述すると



U.....格子エネルギー (lattice energy)

Q.....化學生成熱 (chemical heat of formation)

S.....昇華熱 (heat of sublimation)

D.....解離熱 (heat of dissociation)

I.....イオン化電位 (ionization potential)

E.....電子親和度 (electron affinity)

この様な各のエネルギーは次の式として關聯せしめる事が出来る。

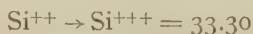
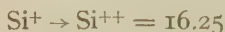
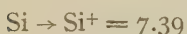
$$U = Q + S + I + D - E$$

この場合に於ても同質異像を取り扱ふ時はそのエネルギーの大小を左右するのは主として Q (生成熱) である。他のエネルギーは全く同じと考へられる。

今次にこの値に就て數値を取り入れて計算をした概略を記して見る。

(I) (Ionization potential)

[Si] の Ionization potential は次の通りである。



値は總て電子ヴォルト單位である。

(S) (heat of sublimation)

Si は 85 Kcal (Mol)

次に D~E に就て求めて見ると

D~E (Kcal) Mol

Li ₂ O	227	Cu ₂ O	227	Ag ₂ O	227
MnO	227	FeO	227	CoO	227
SnO ₂	457	PbO ₂	457	Al ₂ O ₃	682
Cr ₂ O ₃	682				

つまり 457 Kcal/Mol となる。

故に生成熱以外の熱は總計して 2908 Kcal/Mol となる。

次に生成熱を測定する代りに SiO₂ の弗酸に溶解する熱量から逆に生成熱を計算した昔の記述を引用して見ると

SiO ₂ amorph	195	Kcal/Mol
” glass	198.5	”
” (α) quartz	201.6	”
” cristobalite	200.7	”

これを入れて格子エネルギーを算出すると

SiO ₂ amorph	(-) 3093	Kcal/Mol
” glass	(-) 3096.5	”
” (α) quartz	(-) 3109.6	”
” cristobalite	(-) 3108.7	”

(この數値の少數以下無意味なものである。)

トリディマイトの生成熱が無かつたのが致し方ない事であつた。この結果から見る時は全く同じ程度の格子エネルギーと云ひ得る。

この計算の信依し得る誤差としては不明であるが火體一番良く行はれて居るアルカリのハロゲン化合物に於て 2.7 Kcal/Mol と云はれて居る。よつてこの様な構造の物質に於てはこの値以上の差があると云へよう。

併しこの生成熱の測定が相對的に正確であるならば其のエネルギーの大小は考へられる。

結 言

今迄述べた蒸發熱にせよ生成熱にせよこれと云つた大きい異が無く、有つたとしても測定誤差の中に入る程度のものである。これは實在する同質異像體同志が殆んど同じ結晶エネルギーを持つて居て、常溫ではどれも同じ程度に安定である事を裏書きするものと考へられる。つまり、自然界に見られる様にクリストバライトなり水晶なり一つの型を取つたならばいつまでもその型を取つて安定な状態で存在し、他のものに變じやうとはしない。

又一方、格子エネルギーの方面に關して少し考へて見ると、若し上述した生成熱の測定が相對的にお互ひの生成熱の大小を忠實に示して居るものと考へれば、その安定度から云へば、

水晶、クリストバライト、石英ガラス、 amorph SiO_2 、
の順となる、この順は我々の日常の色々な之等の物質に就ての經驗に大體よく合つて居ると思はれる。之の場合トリデイマイトの生成熱は未だ測定されて居らないけれども蒸發熱等から考へてこれも亦大した差を示すものとは思はれない。以上の結果から大體常溫附近に於ては無水珪酸の同質異像體は大體同程度の安定度を持つて居る爲、にお互ひに共在して居ると考へるのが至當であらう。

油 田 の「岩 壓」(II)

Formation pressure in oil-fields (II)

理學博士 高 橋 純 一 (J. Takahashi)

油層壓の測定と其解釋

油井に於ける壓力變化 標式的な油井に於ける生産經過は、初め瓦斯を放出し、次で瓦斯に富む原油の噴出となり、次第に瓦斯含量の少き原油及び水(往々乳濁態 emulsion)、次に鹹度の大きな水、最後に鹹度の小なる水の

順序に變化するが、然し凡ての油田がこの順序に従ふものではない。油田の原油と水のエマルジョンは端水の近迫を示すものであり、特に温度の高い場合、水の鹹度、硬度の高い場合（硬度の高い天水と油田鹹水の出會ふ場合等には乳濁媒が出來易く、また反應熱も生ずる）に生じ易い（メキシコ、カリフォルニア等の例）。瓦斯は油層の構造的高所に集中する遊離瓦斯のほか、原油中に溶解して存在するもの、及び後者が油田に近づくに従つて氣泡狀となつて逸出するもの等があり、何れにせよ瓦斯の放出は油田の壽命を短縮しその總產額を低下せしめるが故に、米國、ビルマ其他に於ては法律を以て其放出を禁止するに至つて居る。他方に於て油田の產油額を増加し、之を調整し、油田の壽命を保ち回收率及び總產油額を増大せしめるためには、壓力統制 (pressure controle) を行ふ必要があり、本邦を除く世界の大多數の油田に於ては、最近十年以來その實施を見るに至つた。

原油に對する瓦斯の可溶度は可成り複雑な因子に支配されて正確なる恒數を得難いが、普通は油田に於ける日產原油量と瓦斯量の比率で示され、之は **瓦斯・石油比** (gas-oil ratio) と稱せられる。即ち原油 1 bbl に對する瓦斯容量立方呎、又は原油 1 軒 (kilo litre) に對する瓦斯立方米で示される。

然しこの瓦斯・石油比には原油中に溶解せる瓦斯のほか、遊離瓦斯も含まれる。眞の溶解瓦斯の測定値としては、300 封度の壓力の下で 275 立方呎 (原油 1 bbl に對し) が知られて居る¹⁾。原油中に瓦斯が溶解すれば、その粘度を減ずるが爲め油砂層中の移動は容易となるが、原油が油田に近くに従ひ、その減壓曲線の傾斜が急となれば瓦斯は大型の氣泡狀となつて逸出する。故に油田の總產油率を大ならしめ、油田の自流を繼續せしめるためには、瓦斯・石油比を最低に保ち、且つ瓦斯が成る可く原油内に溶解せる儘の状態で流出せしめる事が大切である。

高壓油田は概ね瓦斯壓の大なる油田であるが、稀れには然らざるものもある。北美カンサスの一油田では²⁾、瓦斯としては硫化水素のみで水壓が高

1) Lindsly, B. E. Min. & Met. 1931.

2) Urshell

く、そのうち一井は日産 2,928 bbl の原油を産した。その他、水壓油田の例は前稿にも述べた通りである。この水壓は前述せる如く、必ずしも水層壓 (artesian pressure) でなく、閉塞油層の水にも見られる。その原因は原油及び瓦斯と共に壓縮状態にある事、及び水の壓縮率は小であるが、 CO_2 瓦斯の多い場合には之を溶解して相當の水壓を發生するものである。油田地層に石灰岩のある場合には殊に其例が多く、また油田鹹水には屢 CO_2 瓦斯が含まれる事は周知に屬する。

要するに最後迄端水の現はれざる油田も、また油井の末期に至つて油層が水によつて完全に置換される事も、共に例外的である。普通の油田は瓦斯壓と水壓と共存するものが多く、その壓力は人工的調整を行はざる限り、比較的短日月間に減衰するものである。

以上の觀點から油井を分類すれば、(I) 瓦斯のみを産するもの、(II) 瓦斯及び原油を共産するもの、及び (III) 瓦斯、石油、水を有するもの、(IV) 水及び瓦斯を有するもの (V) 水及び石油を有するものに分つ事が出来る。(I) の場合には瓦斯槽に壓縮された瓦斯と同様に瓦斯の放出により壓力が減衰し、(II) の場合は原油中に溶解せる瓦斯を逸散せしめざる様に處理を行へば、壓力の減衰は或程度防止する事が出来る。而して (I) 及び (II) を通し瓦斯、原油の放出に伴つて結局は壓力を失ふものである。水壓のある場合は、瓦斯、原油が失はれても壓力は殘留し、最後には水を放出する場合がある譯である。

凡ての油田は上の壓力型の中間型に屬するが、その大多數は (II) 型に屬する。即ち瓦斯の減退に伴ふて減壓を生ずるものであつて、現在の油田開發は油層壓の最も重要な原因たる瓦斯壓の科學的調整にある事は前述の通りである。水を作ふ場合には、水の油層に於ける移動性 (浸透性) に大なる關係がある。多くの油田では其移動は制限をうけ、石油及び瓦斯が一部採取される場合には端水の水位は上昇するが、石油及び瓦斯が殆んど採取し盡されるに至つても、直ちに水がその跡に浸入せず、油層中には廣面積に

互り水の浸入せざる部分を残す事が多い。

油層は定量の瓦斯、原油及び水が多孔性の容器内に壓縮されて存在するものと見做す事が出来る。油層は多孔性で且つ石油、水に對して浸透性を有するが、その周囲は不浸透性の地層で包まれる。油層の大小は一定せず、そのあるものは少量の石油を保有するに過ぎず、また斯かる小規模の油層が數多近接して存在して漸く經濟的油田となるものもあり、或る油層は厚さ大で且つ連續孔性を有し、その一部に瓦斯、原油が集中し、爾餘の空隙は水によつて占められる場合も存在する。油層の規模、その形狀、その内部に於ける瓦斯、石油と水の比容は油田開發に重要な關係を有する。イリングは油層の規模が各油田の特徴を表示するものと主張し¹⁾、油砂の浸透性の難易、壓力の平衡回復に要する時間の長短を併せて考慮すれば、油田開發上の錯誤を防ぎ得べしと説いて居る。其注意すべきは油層そのものの大小よりも、油砂層に對する瓦斯及び原油の比容が重要である事である。砂層の發達が大に過ぎ、母層の發達之に伴はぬ陝西油田の如きは、宛かも四斗樽に一合の酒を入れたる如く、之が利用價值を失ふものである。

油井の産油狀態回收率 油層に於ける石油及び瓦斯は壓縮狀態に存するが故に、之に油井を穿てば、高壓の場合には**自噴井** (gusher, spouter) 乃至**自流井** (fountain, flowing well)として流出が起り、瓦斯が失はれ或は低壓油田の場合には**汲上げ井** (pumping well) となる。その流出は多少間歇的な傾向があり、概ね開鑿の初日に於て最大量を産するが、油層が多少硬結される場合、粒度が密なる場合、乃至處理宜しきを得たる場合等に於ては數日乃至多少遲延して最大日産に達する事がある。油井の日産量を描圖してその平分曲線を作れば、油井の**減退曲線** (decline curve) が得られる。この曲線は對數曲線で、油井産油の減衰狀況を示し、その將來の産油量を推計する事が出来る。各油井の減退曲線を綜合せるものが油田の**結合減退曲線** (appraisal curve) で、同様な目的に使用せられ、また油田の確定儲量の評價

1) Illing, V. C, Science of Petroleum, Vol. 1.

にも利用される。減退曲線はまた 産油曲線 (production curve) とも呼ばれるが、その詳細に就ては別に説明する豫定である。

油井の最初の産量の最大記録は日産 204,681 樽 (bbl) (Transcontinental Yates, Mid. Kansus) で、テキサスの Spindle Top その他 100,000 bbl 程度のものは少なく、カリフォルニア、オクラホマ諸州の油田には 25,000 bbl 級のものが最大級である。本邦では大正 5 年秋田黒川の所謂 10,000 石井がある。米國では深度 1 米當り 1 bbl の初日産があれば經濟的に成功井と稱せられた時代もあつたが、近頃の統計では 1 井 1 日當りの初産量 5~10 bbl のものも少ない。また一油井の總産油量では 8 ケ年間に 115,000,000 bbl (Pole Potrero, No. 4, Taxpan) を最多とし、イラン油田には 47,000,000 bbl 級の油井があるが、普通は 5,000 bbl 内外である。

油井の壽命は獨乙 ハンノーヴァー油田には 1861 年以來産油を持続するものがあり、その他 40 年内外の例もあるが、普通は 10~12 年で、處理宜しきを得ざる場合には更にその壽命が短縮される。

次に普通の油井による採油率に就ては、未だ正確なる調査を缺き、適確な推定を下し難い。ソ聯グロズニ油田に於ては、50% の 回収率 (recovery) と稱せられ、米國では油質及び油田により、また學者によつてその推定が區々であり、8~80% の範圍に相違して居る。

坑道掘りによつて有名なアルザスのペツシエルブロン油田の實例では、坑道開掘前の普通油井による回収率は 16.7% に過ぎなかつたと云はれる。米國ペンシルヴァニア州のブラツトフオード油田は、所謂 汜水採油法の實施地として有名であるが、汜水及び瓦斯排油法による回収率は 27% に達するに對し、その實施前普通の油井 (自流及びポンプ法) では 12.5% の回収率に過ぎなかつたと報ぜられて居る。またペンシルヴァニアの一油田に於て

1) 1 bbl = 5,6146 立方呎 = 1.58938 立方米 = 1.5894 ヘクトリル (註) = 0.88129 石
1 立方米 = 1 キロリトル (註) = 35.3148 立方呎 = 6.228978 bbl = 5.54352 石

は、60 年間に亘つて普通の油井で採油を續け、一時は眞空法も行つたが、油田廢棄後に至つて試錐より油砂の心核 (core) を採つて試験した結果は、なほ 90% の殘油 (その孔隙容積に對し) を殘し、最も浸透性の大なる砂岩に於てもなほ 60% の殘油があり、結局油井の普通の採油法では石油層に含まれる原油の 10~40% の回収率を示すに留まつて居る。

米國では油田瓦斯の亡失に對し、種々なる強制方策を實施して居る事は前述の通りである。その基本研究を行つた同國石油保存委員會のレウイス¹⁾の報告によると、油井による石油の回収率は、石油層内に含まれる原油の 1/7 内外であり、最大限度 28% を超えない。またカリフォルニア油田に就て、油層の厚さ、孔率、産油記録、壓力減退曲線を對比綜合して計算しても、その回収率は 15% を超へないと云ふ²⁾。

50~80% の如き高率の回収率の査定は、端水が油砂中の油を完全に推進せしめると云ふ信念に基づくものである。原油が輕質であり、砂粒が石英又は新鮮な火山性玻璃である場合、前進中の端水の前面に試錐して得たる油砂心核には殆んど石油を含まない例もあり、油井によりて油砂層の原油の大部が採取し盡されたかの觀を呈する。然し心核の採取作業中、比較的浸透性の大なる油砂である場合、原油が輕質であれば、脱油する事もあり、まだ沓水採油法に於ても、假令曹達灰等を使用しても、水は浸透性の大なる部分のみを求めて油砂中を移動し、油の滲潤せる油砂を島狀に残す場合もあるのである。

東山油田の坑道掘りは、油井と殘油の問題を研究するには適當である。これに就ては詳細な報告を行ふ機會がある事と思ふが、その油砂は大體 10~100 mesh の粒度で最大點は 35~40 mesh に相當するものである。浸透性は可成り高く、坑道壁面の砂は殆んど重力的に脱油され、原油は裂隙に集つて坑溝に流下する傾向が著しい。

1) J. O. Lewis, U. S. Federal Oil Conservation Committee.

2) Uren, L. C. Science of Petrol. Vol. 1.

最近世界の主要油田では回収率の増大のために各種の科學的操作が行はれて居るが、それにも係らず油田による回収率は決して高くなく、普通は 20% 内外であり、30% 以上は寧ろ稀れである。

- | | |
|--------------|--------|
| 1. 瓦斯操作による油田 | 15~35% |
| 2. 汜水操作による油田 | 15~75% |
| 3. 重力操作による油田 | 25~85% |

上例に於ける瓦斯操作の回収率が比較的低いのは、瓦斯操作が有効ならざるためではなく、油田開鑿の初期に行はれるためであり、汜水操作は一旦普通の油田操作で採油し、所謂凋歇したる油田の復活に利用されるために回収率が大となる。重力操作は油田ならば長年月に亘つて採油する場合であり、また老衰油田に行はるゝ坑道掘り操作である故、その回収率が大であるのは當然である。要するに油田の最後の操作は重力の利用であり、坑道掘はこの觀點に於て閉却する事は出来ないものである。

油層壓測定の概念 油層壓を理解するためには、その測定法の概略を知る事が必要である。

壓力の測定は測壓器 (manometre) による事は周知であるが、その取扱には種々なる注意が必要である。高壓測定器は特に器自身の誤差が大である故、絶えず之が補正を行はなければならぬ。補正が綿密に行はれて居る場合に於ても、1% の誤差は普通許容される故、1,000 lb 以上の壓力の場合、その誤差は 10~15 lb に上る譯である。また之が處理に當り、急に開弁して高壓を測壓器に通ずれば指針に狂を生じ易く、空氣噛しき場合、指針の運動に故障を起し、また濕度が凍結して閉塞又は漏洩を生じ正確なる壓力を示さぬ場合もある。然し氣壓の變化、油砂の變化の始きは著しき影響はないものと見做される。

測壓器は普通の場合、油田の壁管の頂部 (casing head) 即ち井頭及び汲油管 (tubing) に取付けられ、その指示する壓力をそれぞれ井頭壓、及び油管壓と稱する。然しこれらの壓力は勿論油層壓を直接に示すものでなく、間

接的に油層壓を査定する材料となるものである。近來は所謂井底測定及び資料採取の装置により (bottom hole method), 直接的に油層壓を測定し、或は油層の原油をその儘の状態で採取して産油抵抗の研究に使用される。ウェーゲマン¹⁾の壓力彈の如きは早くより考察されたもので、短き管内に自記測壓器を裝置せるものである。

油井の上部と底部とでは壓力を異にするのは勿論である故、上の直接測定の場合を除き、井頭壓も油管壓も共に油層壓を示すものではない。これは油井内の内容物が瓦斯、原油、及び鹹水等の混合より成るためである。

(1) 油井が瓦斯、原油及び水を有する場合に油層壓を間接に測定するためには、井頭及び油管を閉栓し瓦斯を井壁管及びその内部に降下せる油管内に充滿せしめる時は、井内の液體は油管の下端まで壓戻されて平衡を保つに至る。この時の井頭壓を測定し、これと油管末端より井底に至る液體柱の深さより計算せる壓力との合計は略油層壓に近いものと見做される。

(2) 瓦斯壓が弱く井内の液體を壓戻してその表面を低下せしむるに足らざる場合は唧筒によりて瓦斯を井内に壓入して前項と同一の状態に達せしめる。或は更に壓入を續けて液體を全く油層内に壓戻すに至れば、この時、測壓器は最大の壓力を示すに至る。後者は略油層壓を示すものである²⁾。

要するに瓦斯を伴ふ油井の油層壓の間接測定は、測壓器による瓦斯壓と油井内の液體柱の壓力との合計を求めることである。

(3) 然し瓦斯のみを噴出する場合には、油井を閉鎖してその井頭壓が最大に達する迄これを注視する。この場合、測壓器の示す最大の壓力は略油層壓に等しいものと見做されるが、注意すべきは、液體を含まざる乾砂層 (dry sand) より瓦斯を産する場合の如き、その井頭壓が最大に達するには相當の時間 (乃至時日) を要する點である。

(4) 反對に瓦斯壓が殆んど測壓器に感ぜられぬ程に弱く、所謂井頭壓が

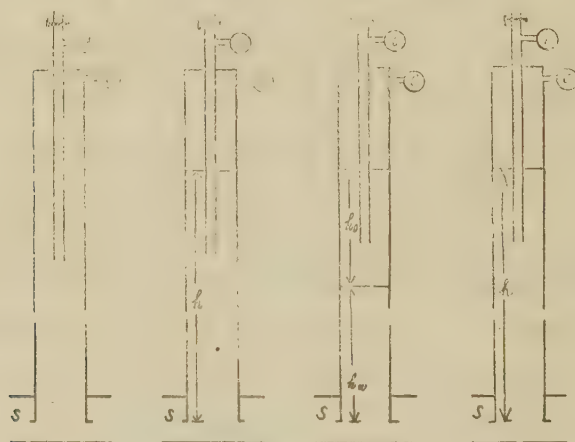
1) Wegemann, C. H.: Pressure bomb.

2) この方法は核油井の産油を停止する危険がある。

無い場合には、油井内を充せる液柱の高さ（深さ）を測つて油層壓を査定する。掘進用の泥水が残留する場合には、之を汲取りて湧出液柱の定液位を測るものである。定液位を測るには、鋼尺、浮子測尺、ベラーによる汲取り等のほか、特殊の測器も使用される。

以上は油井内の液柱が井頭より流出するに至らぬ場合であるが、溢流のある場合には井頭を閉ち、之に細管を通じて液を導き、細管をの上方に引

第 五 圖 油井に於ける流體の壓力



t: 汲油管 (tubing) c: 井頭壓測器 (casing head pressure) s: 砂層

1. 瓦斯のみの場合 瓦斯層 s の壓力は、井頭壓 c に等しい。
2. 1 液のみの場合 流出せぬ場合、その液位を測り液柱の重量よりその壓力を計算する。
流出する場合は汲油管の壓力 t と全井の液位の液柱の壓力の和が液層 s の壓力となる。
3. 2 液より成る場合 流出せぬ場合、原油柱 h_o 、水柱 h_w の重量の和が油層壓である。流出の場合は上と同様に t を加へる。
4. 瓦斯及び 1 液の場合 流出せぬ場合 液柱 h の重量と井頭壓 c の和が油層壓となる。流出の場合上と同じ。

上げ溢流の起らぬ高さに達せしめ、その高さを油井液柱の深さに加算してその壓力を査定する。

(5) 直接測定法は上述の如く最も有効な方法であり、これが近年所謂井

底法 (bottom hole methods) として推奨される所以である。

漏洩と閉塞 油井と油層との關係が、宛かも油槽に連結された油管の如き關係にあれば油層壓と油井壓の關係も簡單に取扱ひ得る譯である。一般に油層壓を考察する場合、漏洩 (leakage) も閉塞 (clogging, choking) も起らぬ場合に就て論議されるものであるが、實際上、油井と油層とに理想的な緊密な連結を期待する事は困難であり、漏洩と閉塞は常に多少の程度に存在するものである。而して油層と油井間に漏洩と閉塞の存する限り、眞の油層壓の測定は不可能である。

自噴井 (高壓井) 乃至自流井 (中位の壓力) を全く閉塞すれば、之を再開するも自噴乃至自流を停止する事があり、之が爲めに取扱者は油管乃至井頭の全閉栓を欲しないと云ふ事例も稀れでない。その原因は隣接井に向つて起る油層内の逆流現象¹⁾ が主であるが、また漏洩閉塞による例もあるのである。

油井の岩壁と壁鐵管 (casing) との間には多少の間隙を残すものであり、これが流體の通路となるは免れ得ない。普通は油層の上部適當なる個所を選んで「水止め」を行ひ、上層の水がこの間隙を通じて油層に侵入する事を防ぐものである。而してこの水止めが不完全なる場合、乃至は後に至つて水止めの「破れ」を生じた場合には、遮水の目的は達せられない。更に水止めの深度以下油層に達する間に於ては、壁鐵管と岩壁の間隙はその儘に存在する譯である故、この間に低壓な砂層があれば、高壓な流體はそこに侵入して、漏洩の現象を呈する。或は反對にこの中間に高壓な流體を含む砂層があれば、逆にその流體は油層に侵入し油井より噴出する事となり、或は油井の周圍に水鞘、水錐 (water sheath, water cone) の現象を起して油層と油井とを遮斷する例もあるが、これに就ては後に詳説する。

要するに漏洩は油井自身の缺陷乃至地層狀態に原因するものであるが、閉塞は油層内容物の性狀に原因して起る事が多い。即ち (I) 瓦斯、原油、水

1) tapping, piracy, cartage 後項參照。

の油井より噴出する際、油層の土砂岩片を噴出せしめて油井底及びその周邊を埋没する事、(2) 溶解せる固形分が温度壓力の減少により油井内で固化する現象である。

この溶解物固化による閉塞は、壓力抑制を行はぬ油井に於ては井底に於て起り、度々浚渫を行はざれば産出を減ずるものである。井底が石蠟分の固結によつて閉塞した例は秋田桂根にもあつたが¹⁾、所謂ワセリン物は 50 ~ 60°C で固化するものである。また瓦斯は壓力の急激な低下により多量の水を吸収して蒸發して同時に冷却を生じ、米國油田に於ける鹹水撒水 (salt water spray) なる現象を生じ鹽分の沈澱を生ずる。また輕質原油の場合に於ても、多量の高壓な CO₂ 瓦斯を含む場合、急冷の結果その凍結現象を生ずる例もある²⁾。

油井壁管乃至周囲の油砂に生ずる沈澱は炭酸物 (石灰、苦土、鐵) 及び硫酸物 (石膏, Ba, Sr.) で、これらの油井内側に沈澱せるものは所謂鱗皮 (scaling) である。

以上のほか、油層の上砂の噴出の結果生ずる空洞が崩壊埋没 (caving) して閉塞を生ずることもある。

要するに漏洩も閉塞も、その結果は油層壓を實際よりも低く表現させる事になる譯である。

測壓と其解釋 以上の如く、測壓の結果を以て直ちに油層壓と見做す事は不合理である。故に測定値そのもの、吟味の外に、漏洩、閉塞その他の地質的状況を綜合考察する事が必要である。こゝには先づ簡單のために漏洩も閉塞も起らぬ理想的な状態を假想して、單に油井流體の種別による壓力の關係を吟味する³⁾。

(I) 油井流體が瓦斯のみより成る場合。瓦斯は完全に彈性的で壓力を周

1) 高橋、石油礦床新論、當時桂根原油はアスファルト質と稱せられたが、著者の巡見の際提示された閉塞物は石蠟であつた。

2) Walde, Colorado; 原油は Amber oil で、油井頭でドライ・アイスが出来る。

3) Heroy, W. B, Am. Ass. Petr. Geol., Bull., No. 4, Vol., 12 1928.

圈に均様に及ぼす故、漏洩閉塞の無き限り、井頭壓は油層（瓦斯層）壓を表示するものと解釋する。

(2) 油井流體が單種の流體より成る場合。瓦斯を含まぬ一液體の場合には井頭壓は油層壓と同一でない。

(イ) 液體が地表に流出せず、油井内で一定の液位 (static head) を保つ場合。液柱の高さ (h), その比重 (sp. gr), 及び純水の單位面積を有する單位の高さの柱の重量 (k) の相乗積が油層壓を表示するものと見做す。

例へば $h=100\text{m}$, 原油比重 0.9, k は斷面 1 平方呎, 高さ 1 m の純水の重量, 即ち約 0.1 kg である故, その油層壓は凡そ 9 kg 即ち大約 9 氣壓に相當する。

また $h=100$ 呎, 原油比重 0.9, 斷面 1 平方呎, 高さ 1 呎の純水柱の重量 (k) は 0.434 封度である故, 油層壓は $100 \times 0.9 \times 0.434 = 39.06 \text{ lb}$ となる。

(ロ) 液體が井頭より流出する場合。前項で述べた通り、井頭より細管を上方に延ばし流出の止む高さを測定する。然し井頭に測壓器の装置のある場合にはその壓力を測る。この場合の井頭壓は液體が井頭で有する壓力を示すのみであつて油層壓では無い。井の全深度を充す液柱の壓力と、井頭壓の和が油層壓に相當する。

例へば上例の如く、油層深度 1,000 m, 原油比重 0.9, 井頭壓 10 kg/cm² の場合の油層壓は Pr 凡そ 100 氣壓となる。

$$Pr = 1,000 \times 0.9 \times 0.1 + 10 = 100 \text{ kg/cm}^2$$

また井頭壓が 100 lb であり、油層深度が 1,000 ft, 液體比重 1.01 の場合は

$$Pr = 1,000 \times 1.01 \times 0.434 + 100 = 638.34 \text{ lb}$$

(3) 油井の流體が二種の液體より成る場合。例へば原油と鹹水より成り瓦斯を缺く場合である。この場合には原油は上方に鹹水は下方に分離する故、その界面はベラーによつて定める。原油及び水の比重を考慮する以

外は(2)の場合と略同様である。

(4) 油井流體が瓦斯と一液體より成る場合。最も普通の油井は瓦斯と原油を産するが、水を伴ふ場合も普通である。後者の場合、數量的に壓力の分析を考察することは複雑である故、先づ瓦斯と原油より成る場合を考慮する。

原油が一般に瓦斯を吸収する性質を有する事は前述の通りである。原油の瓦斯に對する吸収係數¹⁾は、常溫(15°C)、常壓(1氣壓)に於ける單位容積の原油の吸収し得る瓦斯の單位容積の數である。而して壓力の増加に伴つてこの吸収量は増加するが、天然瓦斯は種々なる炭化水素の混合物であり、それぞれ吸収係數を異にするほか、臨界壓力及び溫度もそれぞれ異つて居る故、壓力の増加に伴つて或る瓦斯は液化して瓦斯としての性能を呈せず、所謂分壓の現象によつて瓦斯の一般法則に従はない事も前述の通りである。

油田瓦斯のうちメタンの臨界溫度は $-95^{\circ},5\text{C}$ である故、油田の一般狀態の下では液化は起り得ない。普通の油田では 1,000 lb の壓力は稀れで無いが、斯様な壓力の下では 1 bbl の原油は 200 cu.ft の瓦斯を吸収し得るものである。然し多くの油田に於て、その壓力の下に原油が吸収し得べき瓦斯量よりも著しく過剰の瓦斯を産する例がある。

斯様に原油の吸収限度以上の過剰瓦斯のある場合には、遊離瓦斯は油層の構造上の頂部に集中し、原油帶の上に多少判然たる界面を以て堺するものと見做される。

油井が瓦斯に飽和せる原油帶に達する時は、その減壓によつて原油の流出が起り、油井を中心としてその周囲の油層内に壓力勾配 (pressure gradient) を生ずる。斯かる原油の油層内の移動に就ては、後に油田壓力の調整利用の項で詳述するが、要するに油井内に移動した原油は井内を上昇

1) absorption coefficient, Heroy, W. B.: Min & Met, Jul. 1920.; Lindsly, B. E. Min. & Met. 1931.

するに従つて氣泡を形成し、且つ氣泡は減壓に従つて次第に大となるものである。而して氣泡の變形、その移動は大なるエネルギーの損失となるが故に、壓力調整によつて出来る限り之を抑制する所以である。

斯様な油井の井頭を閉鎖すれば、井内の壓力は略平衡状態になる。即ち油層壓の勾配が減じ、井内の原油とのその吸収瓦斯の關係は、油層壓の程度と、原油の吸収係數、及び瓦斯の含量によつて定まる或る限度の飽和状態となる。而して井内の原油の液位の上昇、従つてその壓力の遞減に従つて溶解瓦斯の量を減じ、瓦斯は放出されて井頭に集まり、こゝに瓦斯柱を形成する。

この瓦斯柱はその彈性により、上下何れの方角に對しても等壓を及ぼし、下方の原油はこれがために反壓 (back pressure) をうける。勿論原油もこれと同じ壓力を瓦斯柱に對して加へる譯である。この際、油管を開けば原油は流出を初める。この場合に於ける油層壓は、井頭の瓦斯壓と、油管に於ける流出油の壓力及び油井内に於ける原油柱の壓力との總和に相當する。

水の存在する場合の關係は一層複雑である。炭化水素瓦斯の水に對する溶解度は原油に比すれば低いけれども、 CO_2 の存在する場合はその吸収係數が壓力に伴つて著しい増加を示すものである。

以上の如く、油井内の流體の種類、及びその状態によつて油層壓査定の方法を異にするを要し、單に井頭壓の測定を以て油層壓を査定するは誤であり、必ず液柱の壓力を考慮するを要するものである。

油井壓の相當水位面 石油層は普通、瓦斯、原油及び鹹水を含み、廣い意味では一の壓力系 (pressure system) を形成するものである。斯かる石油層の極めて近接せる油井は同一壓力系に屬し、同一原因の壓力の下にあり、且つ層内に於ける流體の移動が可能で、一井の壓力は直ちに隣井にその影響を與へるものと見做すことが出来る。然し同一石油層でもその構造の各部分により必ずしも同一壓力系を成さず、また開發後に於ける壓力の變化も同様でない。斯様な壓力の時間的空間的異同の對比を行ひ、その變化を考察

する場合、或る標準を考慮する事が必要である。

掘抜き水井の水層壓 (artesian pressure) の場合には、砂層の連續性が良好で、途中の流出 (outflow)、漏洩、流入 (inflow) 等が無く、砂層の孔率の状態が水の移動に對し均齊な抵抗を示す如き理想的状態に於ては、理論上、凡ての水井の水はその靜水位 (hydrostatic level) まで上昇する筈である。勿論水井の分布の不規則性もこれに大なる影響を與へるが、近接井に於ては同一壓力系に屬するものと見做す事が出来る。即ち此種の水層は一の**水壓面** (piezometric surface) をなすものである。この水壓面は寧ろ想定的なもので、水層の壓力が絶対に靜水壓であれば水平面であるが、實際は緩傾斜平面乃至曲面をなし、且つ水井の開發により刻々に變化するものである。即ち一井の穿れると同時に平衡は破られ、井數を増加するに従ひ壓力の變化が大となり、而かもその變化は必ずしも水井の増加と步調を一にするものでない。而して水井開掘前の平衡状態は直接には觀測不能であり、水井の壓力の測定により之を開發前の状態に復舊再建して推定するに留るものである。掘り抜き水井の理論的噴水々位、即ち水壓面は井の深度、水井と水層の會點の位置、井の地表標高には無關係である。

石油層の場合は水のみでなく、瓦斯及び原油が存在するのみならず、その壓力の原因も水層壓の場合と同一でない事は前述の通りである。然し米國では油層壓の對比の標準として屢々上記の水層壓の理論が採用されて居る¹⁾。これは單に單純化のためであり、必ずしも事實に適合するものでない事は注意しなければならぬ。

然し油田によつては水層壓を有する實例もある故、その概略に對し批判を加へる事も無用ではあるまい。

石油層に於ては石油帶に穿れた油井の場合と、鹹水帶に穿れた水井の場合では、その噴出液位が同一でない事は勿論である。然しこれを同一壓力系にあるものと見做せば、例へば原油は水よりも輕きが故にその液位は

1) Heroy 前出。

近接せる水井の水位よりも高からべきではあるが、油田の液位を水柱の場合に換算すれば略同一の水位になる譯である。斯様に水層に於ける水壓面の断面線に相當する假想線を相當靜水位 (equivalent hydrostatic level) と稱する。

石油層に於ては瓦斯、原油、鹹水が存在する故、この場合靜水位なるものは單に砂層の水を含む部分に就てのみ考へられるものである。然し石油層に於ける瓦斯、原油、鹹水が壓力内に平衡状態にある場合には、水井に於て水が押し上げられる水位と同様な壓力が原油及び瓦斯にも作用するものと見做し得られる。換言すれば同一石油層に於ける瓦斯、原油、鹹水は略同様な壓力、即ち鹹水の有するものと同様な相當靜水壓 (equivalent hydrostatic pressure) を有するものと考へる事が出来る。勿論かゝる石油層は、その壓力の根源 (瓦斯又は水位、或は兩者) が同一であり、油層内に於ける流體の移動が自由であり、漏洩、砂層の流體に對する摩擦抵抗の不均齊、油井配置の不規則等による影響のない場合にのみ成り立つものである。

水層壓を有する石油層 水層壓 (artesian pressure) の條件に存する油田は、例へばロツキー山脈の前麓に位するロツキー油田區域 (ソイオミン、コロラドの一部)、或はコーカサス前帯のグロズヌイ油田等がこれに相當するものと云はれて居る。

斯様な地域では比較的厚き砂層が相當廣範圍に分布し、その一部は高く山間に露出し、前麓帯に向つて地下に沈んで波狀に褶曲するものと考へられて居る。而して石油及び瓦斯は斯かる波狀褶曲の背斜部に集中し、その周圍は水層で圍まれるものである。即ち油層は端水 (edge water) で圍まれ、原油及び瓦斯の抽出されるに従つて端水が進出するものである。

斯様な砂層の向斜軸 B 點に於ける壓力を假りに 1200 lb/sq in とすれば、これはその露頭 (水頭) C 點と B 點間の垂直水柱の壓力に相當する。而して背斜の頂點 A は B よりも 600 呎高位にあるものと假定して壓力の分布状態を計算すれば、

(イ) AB 間の砂層が水のみを含む場合の壓力 P_w は

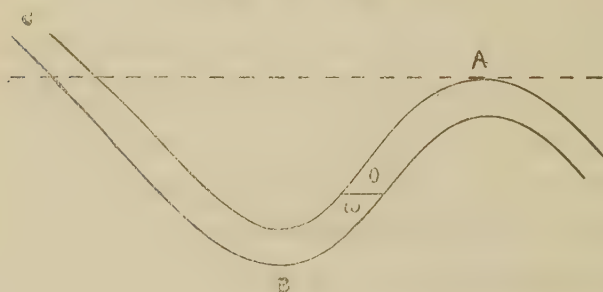
$$P_w = 1200 - 600 \times 0.434 = 1200 - 260.4 = 939.6 \text{ lb/sq.in}$$

(ロ) AB 間の砂層中、AO 500 呎が 30°Bé (sp. gr. 0.875) の原油より成る場合、A 點に於ける油層壓 P_r は

$$P_r = 1200 - (100 \times 0.424 + 500 \times 0.434 \times 0.875) = 1200 - (43.4 + 190) = 966.4 \text{ lb/sq.in}$$

故に砂層が水のみを含む場合に比し、原油を含む場合は $966.4 - 939.6 =$

第 六 圖



水 層 壓 と 油 田

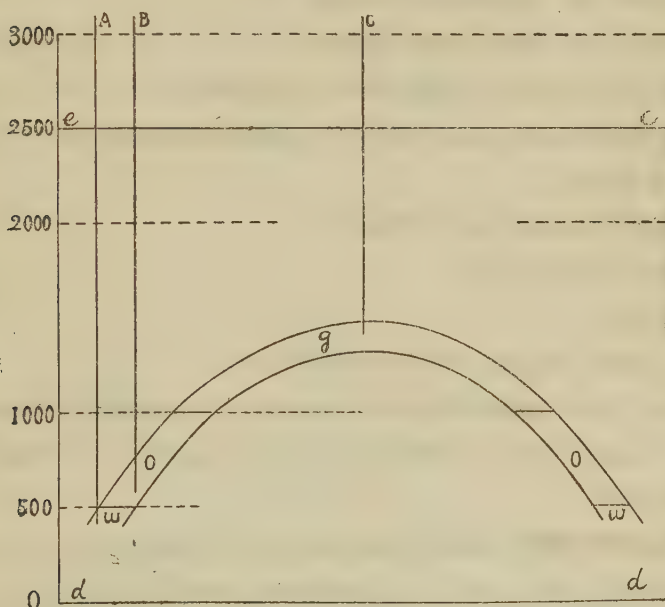
26.8 即ち毎方吋 26.8 封度丈け高壓となる譯である。即ち水層壓を有する油層に於ては、水のみの場合に比し、原油、瓦斯が背斜部にある場合、壓力は大となる筈である。

更に斯様な背斜構造の断面圖に於て、一の基準線 (datum) 上、500 呎の高さに水と原油の堺線があり、500～1,000 呎の高距間は油層であり、1,000 呎以上が瓦斯層である場合を想定して壓力の分布狀態を計算すれば、假に水と原油の堺面に於ける壓力を 868 lb/sq.in とすれば、これに接して穿たれた水井に於ては、その水位は $868/0.434 = 2,000$ 呎となる。これが相當靜水位であり、基準線以上 2,500 呎まで水が上昇する譯である。(第七圖)

然しこれに近接する石油井の場合、原油の比重を 0.875 とすれば、高さ 1

呎につき $0.434 \times 0.875 = 0.37975$ lb の壓力である故、その油井に於ける原油は $868 / 0.37975 = 22852$ 呎、即ち基準線上 2785 呎、相當靜水位よりも 285 呎高く上昇する筈である。

第 七 圖



水壓説による油層壓の分布

次に石油層の垂直の高さ 500～1,000 呎の壓力は

$$500 \times 0.434 \times 0.875 = 190 \text{ lb/sq.in}$$

である故、原油・瓦斯界面の壓力は $868 - 190 = 678 \text{ lb/sq.in}$ となり、而かも瓦斯は彈性的である故、原油面に對しても同じ壓力を及ぼす故、背斜の頂上に穿たれた瓦斯井の井頭壓も 678 lb/sq.in であると云ふ事になる。

以上の諸例の一般的な場合を考ふる時は、

w: 鹹水の比重 (上の諸例の計算では簡單のために比重 1 の純水の場合

のみを取扱つた)

s: 油井底の油砂層の高さ (基準線上)

h: 油井内の水位 (同上)

h-s: 水の上昇せる高さ

$0.434 (h-s) w$: 水壓 (油層壓) lb/sq.in

$1.0336(h-s)w$: 水壓 (油層壓) kg/cm²

$0.434 (h-s) w / 0.434 + s = (h-s) w + s$: 相當靜水位

o: 井頭壓即ち瓦斯・原油界面に於ける瓦斯區域の瓦斯壓 (單位 lb/sq.in
又は kg/cm)

f: 瓦斯・原油界面の高さ (基準線上)

g: 原油・水界面の同上

w: 原油比重

f-g: 油層の垂直高 (structural depth of oil)

$0.434 (f-g) w$: 油柱壓 (lb/sq.in); $1.0336 (f-g) w$ 油柱壓 (kg/cm²)

$O + 0.434 (f-g) w$: 油層壓 (lb/sq.in); $O + 1.0336 (f-g) w$: 油層壓
(kg/cm²)

開發による壓力の變化 普通の掘り抜き水井に於ける壓力の變化は、水の流失に原因する。然るに油田に於ては水層の部分は鑿井が行はれず、從つてその壓力の變化は原油、瓦斯層の部分に比して甚だ緩慢に起るものである。故に斯様な油田では、開發後と雖も、向斜軸に向つて水井を掘りその壓力を測つて油田開發前の油層壓を推定する事が出来る筈である。

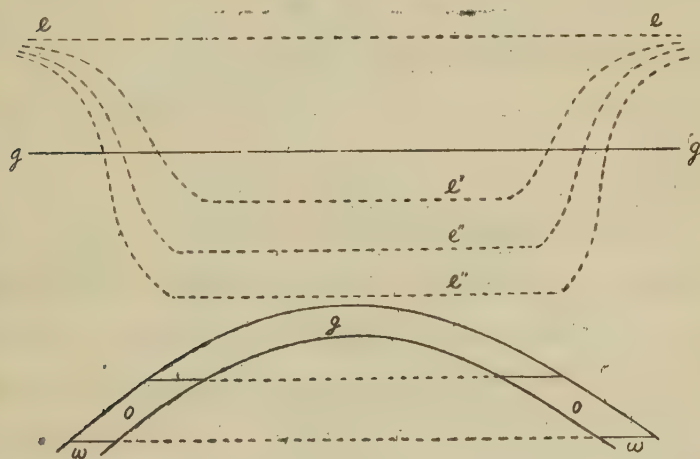
背斜の頂部、即ち瓦斯層の部分は壓力の變化に對し鋭敏である。その初壓の測定は往々困難であるが、瓦斯井の開掘後測壓を常時に行ひ、壓力の減衰曲線 (decline curve) を作製すれば、外挿法によりその初壓を遡つて算定する事が出来る。

原油層の部分に鑿井する場合にも同様な變化が起り、原油は普通大量の瓦斯を伴ひ、之が調整を行はぬ限り間歇的に噴出するためその壓力の變化

が不明となり易い。斯様な油井の井頭壓は遊離瓦斯地域に比して著しく低いのが通例であるが、然し實際の油層壓は井頭壓の測針の示すものより大である事は上述の通りである。但しその減衰現象も見かけの減退よりも實際の減衰が大となるものである。

さて一の油田構造に於て油井が適當に均齊に配置され、瓦斯及び原油が均様に規則正しく産出するものとすれば、その壓力の減衰狀態は相當靜水位の變化となつて現はれる筈である。この變化狀態はヘロイに由つて別圖

第 八 圖



油田開發による相當靜水位面の變化

e 最初の相當靜水位面 e' e'' e''' 開發によるその低下

の如く描圖されて居る¹⁾。即ち原油、瓦斯の抽出に伴つてその區域の相當靜壓水位は周圍の非開發區域よりも急激に降下し、瓦斯の反壓 (back pressure) が減ずるに従つて水は或は原油を油井に推進せしめ、或は原油が粘稠で油砂に對する吸着力が大なる場合には之を残して水のみが油井周圍の低壓部に侵入する。鑿井の當初は瓦斯の反壓が大であり、従つて水の運

1) Heroy 前出。

動に對する抵抗が大である故、端水の近迫 (encroachment) は徐々に行はれるが、開發の進行に伴つてその地域と周圍の部分との壓力の勾配が急になり、瓦斯の反壓が小となり、水は砂粒間の摩擦に打勝つて井内に侵入するに至るものである。

水壓説の批判、閉合油層 上述の如き水壓説は砂層がレンズ形に閉合して存在する場合、また薄き砂層が數層累層する場合等には適用が出来ない。勿論レンズ砂層の場合にも、瓦斯、原油及び水が一壓力系をなす事は連續砂層の場合と同様である。主なる差違は、水壓説の場合、瓦斯及び原油は有限であつても水は理論上無限に外部から供給補充される譯であるが、閉合砂層の場合には水も外部からの供給無く、その量は有限であると云ふ點である。従つて水は壓力を有せず瓦斯、原油が採取された孔隙にも著しい水の侵入が起らない。

斯様な閉合砂層の壓力は、主として瓦斯によるものであり、宛かも曹達水瓶のサイフオンの如く、閉合砂層に閉ぢこめられたる瓦斯、乃至原油に溶解せる瓦斯が失はれると壓力も失はれ、原油及び水の移動が不能となるものである。要するに閉合石油層の場合、開發當初に於ける壓力系は連續砂層の場合と同様であるが、開發の進行に伴ひ壓力の減衰が急激となるものであり、斯る場合には再壓法乃至壓力調整法によつて産油の減退を防ぎまた原油の回収率の増大を圖らねばならぬものである。

上の水壓説は石油層に於ける壓力狀態に關し簡單明瞭なる説明を與へ得る點に於て特徴があり、米國に於ては支持者が多い。然し之を肯定するためには先づ第一に砂層が廣汎な地域に互つて存在し、適當なる構造を呈し、且つその組織も均様であり流體の通過に對し理想的なる場合を想定しなければならぬ。この事は實際上には證明不可能である計りで無く、事實上は如何な砂層であつても、その粒度組織、孔率の分布が廣き區域に互つて均様である事は殆んど絶無である。

次に瓦斯、原油の採取後もその壓力が減衰しない實例は、甚だ稀れに存在

するのみであり、これも原油、瓦斯と水との比量の問題であり、必ずしも連續砂層の存在、從つて水の露頭よりの供給を想定するを要しない。また砂層に於ける地下水の移動は極めて低速度であり、從つて急激なる採水は水井の涸歇を生ずる事は周知であり、水壓が不變である事を前提とする上述の油田水壓説はこの點に於ても明かなる矛盾を示すものである。

水壓説によれば向斜軸に於て壓力が大となり背斜軸に於て小となるものである。これも何等證明されない想定に過ぎないのみならず、事實上、向斜側に近くに從ひ壓力の低下する實例が多い。而して同一石油層を稼行する近接油井に於てさへ必ずしも壓力は同一でなく、著しい差違を示す實例も少くない。これは主として油砂の浸透性の差違による事が多く、油砂の組織の局部的變化の多い事を示すものである。

以上は油層壓の概念的考察であつて、筆者の時間の缺乏と本誌紙面の都合上、充分にその意を盡し難きは遺憾であるが、機を得て更に詳説する考である。次號以下には稿を改めて油田に於ける壓力調整、油層内に於ける原油の移動狀態に就て述べる豫定である。(本稿完結)

會 報 及 雜 報

山形縣大泉礦山概況 礦區は元の大鳥礦山(採 194)、現大泉礦山(採 199)の兩者を併せ、西大鳥川の上流枳形川及び鰐澤の間に挟まれ、新潟縣境に聳ゆる大鳥屋岳の一支大行山(1023m)を中心とする高峻の地にあり、東田川郡大泉村の南西端に近い枳形國有林内に位する。羽越本線鶴岡驛より同村上田澤まで 28 軒は大鳥川に沿つてバスの便あり、更に 8 軒の壽岡までは小型自動車を通ずるが、最後の 11 軒は徒歩の外ない。現に事務所と選鑛所とを壽岡に置き、山元選鑛所間直距 6.7、それより下流上田澤まで同 5.8 軒は架定索道、更に鶴岡驛までは省營トラックにより運搬に従事する。

礦區内の地質は主として變朽安山岩及び同集塊岩、角礫凝灰岩から成るが、下部には厚き礫岩と、多少の頁岩とを有し、花崗岩の基底を被覆する。礦床の主なるものは鰐澤の支流龜の子澤上流の大瀧礦床と、その東南約 1 軒の舊大鳥礦床にして、共に東

西に延長して雁行し、その中間になほ數條の雁行脈の發達を見、この外太行山の北側、その西側のヒヨリ澤、南側の西小股にも露頭を有する。

この一帯は早くも明治 22~23 年、淺野總一郎氏に探礦せられ、特にそのうち大鳥礦床は、その後古河市兵衛氏により、重要銅山として開發されたが、大正 11 年以降廢山となり、その西隣の現大泉礦區また大正 13 年川村重太氏の出願以來大なる發展を見なかつたが、昭和 12 年 9 月大日本鑛業會社の手に歸し、同 14 年索道及び選礦所の建設以來大に發展し、大瀧礦床の下部に中切坑、盛徳坑、大切坑等を穿つて盛んに探掘を續くる一方、舊大鳥礦床に向つて立入を入れ、中切坑に於ては既にその延長部に達すると共に、その中間に 120 米、大銅 (260 米)、290 米、420 米、610 米の諸雁行脈を見出すに至つた。但し現在稼行中のものは、主として大瀧礦床に限られ、走向は東西、北に急斜し、東に落す富礦帶を有する。上部は次第に尖滅するが下部に擴がり、大切坑準に於て延長少くとも 300 米、幅平均 50 種、往々 1 米を超え、中部に於ては二條に分れる。下部に於ては下盤側、上部に於ては上盤側に顯著な粘土肌を有する。

礦脈は主として石英及び多少の菱滿掩礦及び方解石と、閃亜鉛礦、方鉛礦、黃銅礦、黃鐵礦等から成り、礦石の一部は手選によつて銅礦とし、他は浮選によつて銅、鉛、亜鉛及び硫化鐵の各種精礦に分れ、それぞれ發盛、細倉及び大寺等の製鍊所と、硫酸製造所に送られつゝあり、下部の發展期待せられる。

會員動靜 入會 和田徳三 (岩手縣和賀郡湯田村月立鑛山) 柴田勇 (釧路國白糠郡庶路村明治庶路鑛業所) 秋月春雄 (新京市大同大街 213 滿洲鑛山株式會社調査課) 下河原壽男 (札幌市南九條西十五丁目) 中島鑛山株式會社南方部 (東京都赤坂區靈南坂 33) 女牛鑛山鑛業所 (岩手縣紫波郡赤澤村舟久保) 和田三男 (東京杉並區南町 226 金澤三男方) 河井興三 (東京都世田ヶ谷區北澤 2 の 1) 石和田靖章 (東京都世田ヶ谷區松原町 3 の 1081) 櫻井邦治 (大阪市東區北濱五丁目 22 住友鑛業技術部)

退會 帝國鑛發川尻鑛業所 **轉居** 柳生六郎 (京城府東大門內區敦岩町 264 番地) 小田範明 (香川縣三豐郡桑山村大字岡本 490) 兼松四郎 (東京都杉並區清水町 89) 加來一郎 (東京都世田ヶ谷區鎌田 449) 城戸巖 (福岡縣筑紫郡那珂郡大字麥野) 中山勇 (京都市左京區京都帝國大學理學部地鑛教室) 小山田拓之 (札幌市北二條西二丁目一丁目) 久保忠道 (臺北市阿倍野區萬代西 1 の 23) 市村賢一 (東京都澁谷區代々木初臺 516) 野田眞三郎 (兵庫縣武庫郡本庄村深江 167) 中村宗次 (長野縣上水内郡柏原村日本燒結鐵鑛株式會社) 桑田士郎 (東京都麻布區材木町 55 増島三樹男方) 岩淵浩 (札幌市北九條西十七丁目福山方) 大沼善吉 (宮城縣柴田郡村田町 19) 岩生周一 (東京都澁谷區千駄ヶ谷町四丁目 800) 白根澤弘 (鹽釜市香津町 44) 小野宗一 (東京目黒區高木町 1461 竹水舍内)

本 會 役 員

	會 長	神 津 淑 祐	
幹事兼編輯	渡邊 萬次郎	高橋 純一	坪井誠太郎
	鈴木 醇	伊藤 貞市	
庶務主任	竹内 常彦	會計主任	高根 勝利
圖書主任	大森 啓一		

本 會 顧 問 (五十名)

伊木 常誠	石原 富松	上床 國夫	大井上義近	大村 一藏
加藤 武夫	木下 龜城	木村 六郎	竹内 維彦	立岩 巖
田中 館秀三	中尾 謙次郎	野田 勢次郎	原田 準平	福田 連
藤村 幸一	福富 忠男	保科 正昭	本間 不二男	松本 唯一
松山 基範	松原 厚	山口 孝三	山田 光雄	山根 新次
井上 禪之助				

本誌抄録欄擔任者 (五十名)

大森 啓一	加藤 磐雄	河野 義禮	木崎 喜雄	北原 順一
鈴木 廉三九	高根 勝利	高橋 純一	竹内 常彦	根橋雄太郎
増井 淳一	八木 健三	渡邊 萬次郎		

編輯兼本名 隆 志
發行人

仙臺市東北帝國大學理學部内

印刷人 笹 氣 幸 助

仙臺市國分町 88 番地

印刷所 笹 氣 印 刷 所

(東宮103)仙臺市國分町 88 番地

發行所 日本岩石礦物礦床學會

仙臺市東北帝國大學理學部内

日本出版文化協會會員番號222156

配給元 日本出版配給株式會社
東京市神田區淡路町 2 丁目 9 番地

發賣所 丸 善 株 式 會 社

東京市日本橋區通 2 丁目

(振替東京 5 番) 承認番號 41

昭和 18 年 9 月 25 日印刷

昭和 18 年 10 月 1 日發行

本會入會申込所及び會費發送先

仙臺市東北帝國大學理學部内

日本岩石礦物礦床學會

(振替仙臺 8825 番)

本 會 會 費

半ヶ年分 4 圓 (前納)
1ヶ年分 8 圓

本誌定價(會員外)

1 部 80 錢 (外郵稅 1 錢)

本誌廣告料

普通頁 1 頁 20 圓

**The Journal of the Japanese Association
of
Mineralogists, Petrologists and Economic Geologists.**

CONTENTS.

- Silver nickel-cobalt ore from the Junten mine..... M. Watanabé, *R. H.*
Nickel ore deposits at Bankyô-men, Korea. T. Matukuma, *R. H.*
Studies on tridymite : Sixth report.
 On the lattice energy and the stability of
 anhydrous silica minerals..... H. Inuzuka, *R. S.*
Formation pressure in oil fields..... J. Takahashi, *R. S.*
Notes and news :
 Ohizumi mine. Personal news.

Published monthly by the Association, in the Institute of
Mineralogy, Petrology and Economic Geology,
Tôhoku Imperial University, Sendai, Japan,